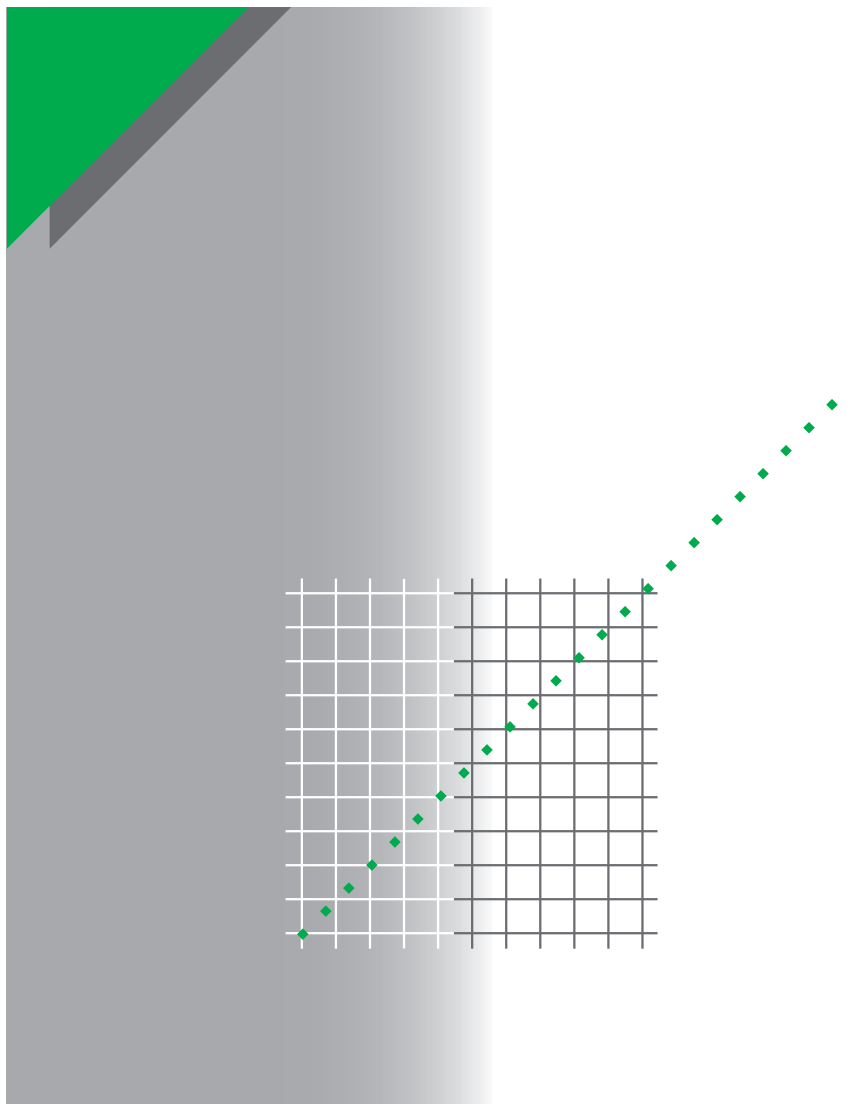


## **Выпуск № 12**

### **Проектирование электроприводов крановых механизмов**



*Компания Schneider Electric приступила к выпуску «Технической коллекции Schneider Electric» на русском языке.*

***Техническая коллекция** представляет собой серию отдельных выпусков для специалистов, которые хотели бы получить более подробную техническую информацию о продукции Schneider Electric и ее применении, в дополнение к тому, что содержится в каталогах.*

*В **Технической коллекции** будут публиковаться материалы, которые позволят лучше понять технические и экономические проблемы и явления, возникающие при использовании электрооборудования и средств автоматизации Schneider Electric.*

***Техническая коллекция** предназначена для инженеров и специалистов, работающих в электротехнической промышленности и в проектных организациях, занимающихся разработкой, монтажом и эксплуатацией электроустановок, распределительных электрических сетей, средств и систем автоматизации.*

***Техническая коллекция** будет также полезна студентам и преподавателям ВУЗов. В ней они найдут сведения о новых технологиях и современных тенденциях в мире Электричества и Автоматики.*

*В каждом выпуске **Технической коллекции** будет углубленно рассматриваться конкретная тема из области электрических сетей, релейной защиты и управления, промышленного контроля и автоматизации технологических процессов.*

***Валерий Саженов,**  
Технический директор  
ЗАО «Шнейдер Электрик»,  
Кандидат технических наук*

# **Выпуск № 12**

## **Проектирование электроприводов крановых механизмов**



**Попов Евгений Владимирович**

**Заведующий лабораторией электропривода ООО «Кранприборсервис»  
Кандидат технических наук.**



# Содержание

Стр.

<b>Глава 1. Классификация и режимы работы крановых механизмов</b>	
<b>Основные типы кранов</b> .....	<b>3</b>
1.1. Классификация режимов работы кранов и их механизмов .....	3
1.2. Область нагрузок и требования к механическим характеристикам крановых электроприводов .....	5
1.3. Основные типы кранов, их режимы работы и требования к электроприводу крановых механизмов .....	6
<b>Глава 2. Крановые асинхронные электродвигатели</b> .....	<b>9</b>
2.1. Крановые асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором, предназначенные для питания от промышленной сети .....	9
2.2. Частотно-регулируемые крановые электродвигатели .....	10
2.3. Применение асинхронных двигателей общего назначения в крановом электроприводе .....	11
<b>Глава 3. Особенности частотно-регулируемого кранового электропривода</b> .....	<b>13</b>
3.1. Электропривод механизма подъема .....	13
3.2. Электропривод механизмов горизонтального перемещения .....	15
<b>Глава 4. Опыт проектирования и внедрения крановых частотно-регулируемых электроприводов</b> .....	<b>17</b>
4.1. ЗАО «СИ-ЭЛ»: «Применение преобразователей частоты компании Schneider Electric для электроприводов подъёмно-транспортных машин» .....	18
4.2. ЗАО «Шнейдер Электрик»: «Автоматизированное оборудование для управления подъёмно-транспортными механизмами» .....	20
4.3. ООО «Кранприборсервис»: «Модернизация кранов» .....	23
4.4. НПО «АМТ»: «Судовые краны» .....	27
4.5. ООО «Промышленный ресурс»: «Реализация энергосберегающих технологий в крановых электроприводах» .....	29
4.6. ЗАО «СИ-ЭЛ»: «Schneider Electric для крановых электроприводов» .....	32
4.7. ЗАО «АСК»: «Опыт применения преобразователей Altivar 71 для электроприводов крановых механизмов» .....	34
4.8. ООО «РЭСАП»: «Преобразователи частоты в крановом электроприводе» .....	36
4.9. ЗАО «Шнейдер Электрик»: «Преобразователи частоты семейства Altivar — новые возможности по управлению мостовыми кранами» .....	39
<b>Список литературы</b> .....	<b>43</b>



# Глава 1

## Классификация и режимы работы крановых механизмов Основные типы кранов

### 1.1. Классификация режимов работы кранов и их механизмов

Грузоподъемные краны являются массовыми общепромышленными механизмами, они применяются практически во всех отраслях промышленности, транспорта и строительства. Поскольку, в зависимости от области применения интенсивность работы кранов может быть различной, режимы работы кранов и крановых механизмов регламентируются.

В России для определения режима работы крановых механизмов действует ГОСТ 25835-83, для определения группы режима работы крана - ГОСТ 25546-82. В значительной степени эти ГОСТы увязаны с международным стандартом ИСО 4301/1-86.

Режим работы крана учитывается при расчете мощности и выборе типа двигателя и аппаратуры управления.

ГОСТ 25835-83 предусматривает шесть групп режима работы, каждая из которых характеризуется определенным сочетанием классов использования и нагружения. Классы использования устанавливаются в зависимости от нормы времени работы механизма. Ориентировочная характеристика класса использования механизма представлена в таблице 1, ориентировочная характеристика классов нагружения в таблице 2.

Таблица 1

**Ориентировочные классы использования крановых механизмов**

Класс использования	Использование во времени
A0	Редкое
A1	Нерегулярное
A2	Регулярное малой интенсивности
A3	Регулярное средней интенсивности
A4	Нерегулярное интенсивное (двухсменная работа)
A5	Интенсивное при трехсменной работе
A6	Весьма интенсивное при трехсменной работе

Таблица 2

**Ориентировочные классы нагружения крановых механизмов**

Класс нагружения	Характеристика действующих нагрузок	
	Механизм подъема крана	Механизм горизонтального перемещения
B1	Преобладают минимальные нагрузки; максимальные нагрузки редки, например, при монтажных и ремонтных работах	Редкие пуски и торможения, значительные рабочие и холостые пробеги; малые массы грузов; производства с малой интенсивностью работы и большими площадями обслуживания
B2	Преобладают средние и минимальные нагрузки; максимальные нагрузки относительно редки	Редкие, но регулярные пуски и торможения; небольшие рабочие и холостые пробеги; незначительные массы грузов; производства с постоянной, но ограниченной интенсивностью работы и площадями обслуживания

Класс нагружения	Характеристика действующих нагрузок	
	Механизм подъема крана	Механизм горизонтального перемещения
В3	Преобладают средние и минимальные нагрузки; минимальные нагрузки носят эпизодический характер; характерно для производств с разнообразными массами грузов	Регулярные пуски и торможения; малые рабочие и холостые пробеги; сравнительно большие массы грузов; производства с высокой интенсивностью работы и малыми площадями обслуживания
В4	Преобладают максимальные нагрузки и близкие к максимальным; средние нагрузки носят эпизодический характер; характерно для производств с относительно постоянной массой груза	Частые пуски и торможения с очень редким выходом на установившийся режим; большие массы грузов; производства с высокой интенсивностью работы и ограниченными площадями обслуживания

Группы режимов работы механизмов представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Группы режимов работы крановых механизмов**

Класс использования	Норма времени работы механизма, ч	Класс нагружения			
		В1	В2	В3	В4
А0	До 800	1М	1М	1М	1М
А1	От 800 до 1600	1М	1М	2М	3М
А4	От 6300 до 12500	3М	4М	5М	6М
А5	От 12500 до 25000	4М	5М	6М	–
А6	От 25000 до 50000	5М	6М	–	–

На практике группу режима работы механизмов часто устанавливают по группе режима работы крана. Ориентировочное соответствие групп режима работы крана и механизмов представлено в таблице 4.

Таблица 4

**Ориентировочное соответствие групп режимов работы кранов и механизмов**

Группа режима крана	Группа режима механизма	
	Механизмы, действующие при каждом цикле работы крана	Механизмы для установочных операций или используемые не при каждом цикле работы крана
1К	1М	1М
2К	1М	1М
3К	1М – 2М	1М
4К	2М – 3М	1М – 2М
5К	3М – 4М	1М – 2М
6К	4М – 5М	2М – 3М
7К	5М – 6М	3М – 4М
8К	6М	5М – 6М



## 1.2. Область нагрузок и требования к механическим характеристикам крановых электроприводов

Электропривод грузоподъемных кранов имеет ряд особенностей, отличающих его от электроприводов других общепромышленных и специальных механизмов:

- механические характеристики электропривода расположены во всех четырех квадрантах; желательна обеспечить плавный переход приводной электрической машины из двигательного режима работы в генераторный режим при спуске;
- относительно невысокий диапазон регулирования скорости (в большинстве случаев не выше 10:1 при однозонном регулировании скорости);
- отсутствие высоких требований к жесткости механических характеристик;
- отсутствие высоких требований к быстродействию;
- температура окружающей среды изменяется от  $-40$  до  $+40$  °С. В металлургических цехах интервал изменения температуры окружающей среды составляет от  $-10$  до  $+50$  °С;
- относительная влажность воздуха характеризуется средним уровнем 90% при температуре окружающей среды  $+25$  °С;
- осаждение пыли из воздуха  $5$  г/м<sup>2</sup> в сутки;
- осаждение паров кислот из воздуха  $500$  мг/м<sup>2</sup> в сутки;
- механические воздействия: вибрации и удары, вызванные передвижением механизмов; характеризуются частотой 1-50 Гц и ускорением  $5$  м/с<sup>2</sup>; одиночные повторяющиеся удары с ускорением до  $30$  м/с<sup>2</sup>.
- частое отсутствие квалифицированного обслуживания;
- жесткие требования в отношении простоты эксплуатации и надежности работы.

Электроприводы крановых механизмов по характеру нагрузок можно разделить на две группы: с преимущественно активным статическим моментом и преимущественно с реактивным статическим моментом.

К первой группе относятся электроприводы грузовых лебедок и стреловых лебедок с неуравновешенной стрелой, а ко второй группе – электроприводы механизмов горизонтального передвижения.

Желаемые механические характеристики электроприводов механизмов подъема и горизонтального передвижения представлены на рис. 1.1. Электропривод должен обеспечивать жесткие механические характеристики во всем диапазоне нагрузок. Для выполнения операций по выбору слабины грузового каната необходимо иметь характеристику пониженной скорости 1П. Для точной установки груза необходима характеристика 1С. Характеристики, на которых осуществляется опускание груза, находятся как в четвертом (тормозной спуск), так и в третьем (силовой спуск) квадрантах.

Для кранов с большой высотой подъема для повышения производительности необходимо поднимать и опускать легкие грузы или пустой крюк со скоростью больше номинальной (характеристики 4). Поэтому электропривод должен обеспечивать двухзонное регулирование скорости.

Электропривод механизмов горизонтального передвижения имеет жесткие характеристики во всем диапазоне нагрузок. Для торможения с высших скоростей на низшие скорости электропривод должен обеспечивать автоматический переход из двигательного в тормозной режим с ограничением тормозного момента.

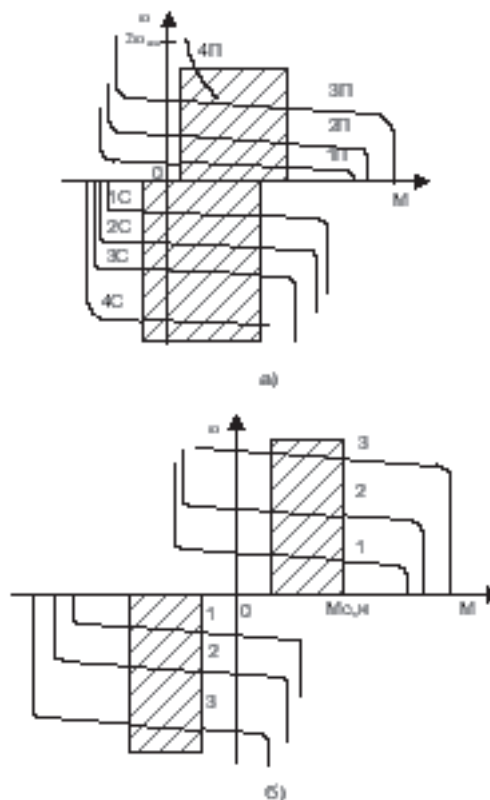


Рис. 1.1. Желаемые механические характеристики электропривода механизмов подъема (а) и горизонтального передвижения (б)

### 1.3. Основные типы кранов, их режимы работы и требования к электроприводу крановых механизмов

#### 1.3.1. Мостовые краны

Мостовые краны (рис. 1.2) являются наиболее массовыми грузоподъемными машинами на промышленных предприятиях. Существует разделение мостовых кранов на краны общего назначения, предназначенные для подъема и перемещения грузов во всех отраслях промышленности, и специальные краны, предназначенные для обслуживания определенных технологических процессов, например, в металлургической промышленности. По конструкции механизмов специальные краны могут значительно отличаться от кранов общего назначения.

Мостовые краны имеют механизмы подъема, передвижения крана и передвижения грузовой тележки. Механизмов подъема может быть несколько, расположенных как на одной, так и на нескольких грузовых тележках.

Мостовые краны могут эксплуатироваться как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе.

Режим работы большинства мостовых кранов общего назначения не превышает 5К. Режим работы специальных кранов металлургического производства, как правило, выше 5К. Как среди кранов общего назначения (ремонтные краны), так и среди специальных (краны плотин гидроэлектростанций) можно выделить группу редко используемых кранов с режимом работы 1К. Такие краны часто имеют большую грузоподъемность (до нескольких сот тонн). Номинальная скорость подъема груза для кранов общего назначения, как правило, не превышает 0,25 м/с, номинальная скорость механизмов передвижения может достигать 1,7 м/с. Требований ГОСТ по диапазону регулированию скорости для таких кранов не существует, однако, для механизма подъема (если значение посадочной скорости не оговорено специально) можно ориентироваться на значение посадочной скорости для башенных кранов – 0,08 м/с. Таким образом, необходимый диапазон регулирования скорости не превышает 4 – 6:1.



*Рис. 1.2. Мостовой кран общего назначения*

### 1.3.2. Козловые краны

Козловые краны (рис. 1.3) относятся к кранам мостового типа и по режиму работы не отличаются от них. Особенностью конструкции козловых кранов, предъявляющей требования к электроприводу механизмов передвижения, является большая наветренная площадь и соответственно большая ветровая нагрузка, действующая поперек пролетного строения. Кроме того, при больших длинах пролета, во избежание поломки металлоконструкции, бывает необходимо синхронизировать работу механизмов передвижения опор крана.



*Рис. 1.3. Козловой кран общего назначения*

К специальным козловым кранам можно отнести рудно-угольные грейферные перегружатели, работающие на тепловых электростанциях и металлургических заводах и перегружающие насыпные грузы при помощи специального грузозахватного приспособления – грейфера. Такие краны имеют высокие рабочие скорости, режим работы механизмов подъема и передвижения тележки 6М, большую длину пролета. К особенностям грейферного режима следует отнести необходимость синхронизации скоростей подъемной и замыкающей лебедок для равномерного распределения нагрузок. Механизм передвижения таких кранов обеспечивает установочное движение.

Краны, предназначенные для перегрузки контейнеров (рис. 1.4), также имеют некоторые отличия от козловых кранов общего назначения, связанные, прежде всего с наличием специального грузозахватного органа – спредера.



*Рис. 1.4. Козловой контейнерный кран со спредером*

### 1.3.3. Портальные краны

Портальные краны можно разделить на две группы:

■ Монтажные краны, применяющиеся в основном на судостроительных и судоремонтных заводах. Такие краны имеют умеренные номинальные скорости и повышенные требования к диапазону регулирования скорости и плавности переходных процессов. Режим работы, как правило, не превышает 5К.

■ Перегрузочные краны, работающие в морских и речных портах. Такие краны являются универсальными, т.е. могут работать как в крюковом режиме, так и в грейферном. Для работы с грейфером такие краны имеют две грузовые лебедки, которые управляются отдельно. При работе в крюковом режиме лебедки синхронизируются. Для обеспечения высокой производительности такие краны имеют высокие рабочие скорости. Режим работы может достигать до 8К. Диапазон регулирования скорости механизма подъема в крюковом режиме может достигать до 8:1.

Портальные краны имеют также механизмы поворота, изменения вылета стрелы и передвижения. У перегрузочных портальных кранов передвижение является установочным (т.е. редко используемым) движением.

### 1.3.4. Башенные краны

Башенные краны применяются в промышленном и гражданском строительстве. К специфическим требованиям, предъявляемым к электроприводу механизма подъема башенных кранов, относится необходимость подъема и опускания легких грузов с повышенной скоростью. Это связано с желанием обеспечить высокую производительность при большой высоте подъема, учитывая, что грузы, близкие по массе к номинальным, поднимаются редко. Таким образом, общий диапазон регулирования скорости (ниже и выше номинальной) может достигать 40:1.

На рис. 1.5 показаны два основных архитектурных типа башенных кранов – с поворотной и неповоротной башнями. Кроме того, изменение вылета может производиться подъемом и опусканием стрелы (краны с маневровой стрелой,) или передвижением по стреле грузовой тележки с подвешенной к ней крюковой подвеске (краны с балочной стрелой).

Особенностью башенного крана является также наличие больших упругих деформаций металлоконструкций, требующих учета при выборе механических характеристик электроприводов (прежде всего механизмов поворота) и режимов пуска и торможения.

Многие башенные краны имеют специальные механизмы и приспособления для самомонтажа.

Спецификой работы башенного крана является также питание его от временных электрических сетей малой мощности или автономных источников электроэнергии. Это предъявляет к его электрооборудованию дополнительные требования в части сохранения работоспособности при провалах напряжения.



*Рис. 1.5. Башенные краны с поворотной и неповоротной башнями*

## Глава 2

### Крановые асинхронные электродвигатели

Традиционно для кранового электропривода применяются специально разработанные серии электродвигателей переменного и постоянного тока. По геометрии магнитопровода, степени использования электротехнических материалов, электромеханическим характеристикам и конструктивному исполнению такие электродвигатели существенно отличаются от двигателей общепромышленного исполнения.

Режим работы электродвигателей в крановом электроприводе характеризуется широким изменением нагрузок, частыми пусками и торможениями, широким диапазоном изменения скорости ниже и выше номинальной (в электроприводах постоянного тока и частотно-регулируемых электроприводах).

Крановые двигатели рассчитаны для работы в повторно-кратковременном режиме, который характеризуется продолжительностью включения (ПВ) 15, 25, 40 и 60% при продолжительности цикла не более 10 мин. Основным номинальным режимом крановых двигателей переменного тока является ПВ=40%.

Из-за высоких требований к динамике двигателей в переходных процессах пуска и торможения и для снижения расхода энергии при этом двигатели конструируются таким образом, чтобы момент инерции ротора был, по возможности, минимальным. Снижение момента инерции достигается путем уменьшения высоты оси вращения при заданной мощности двигателя.

Электродвигатели имеют повышенный (по сравнению с электродвигателями общепромышленного исполнения) запас прочности механических узлов и деталей. Крепление пакета ротора на валу всегда производится при помощи шпонки.

Традиционно, основное применение в крановых электроприводах находят асинхронные двигатели с фазным ротором. Регулирование скорости и момента в электроприводах с такими двигателями производится включением в цепь ротора пускорегулирующих резисторов. Для получения пониженных (посадочных) скоростей опускания груза применяется режим противовключения или различные специальные схемы включения (например – динамического торможения самовозбуждением).

Существуют также модификации крановых асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (при мощности до 30 кВт) для применения в электроприводах, имеющих, как правило, низкие номинальные скорости и не требующие их регулирования. Кроме того, существуют модификации крановых электродвигателей в двух и трехскоростном исполнении.

Все эти двигатели рассчитаны на питание от промышленной сети стандартного напряжения 220/380 В при частоте 50 Гц. Хотя это не означает, что они не могут работать в составе частотно-регулируемых электроприводов, тем не менее, в последнее время разрабатываются специальные серии асинхронных двигателей, в том числе и крановых, оптимизированные для работы в системах частотного регулирования.

Таким образом, крановые асинхронные двигатели в настоящее время условно можно разделить на электродвигатели с фазным и короткозамкнутым ротором, предназначенные для питания от промышленной сети, и короткозамкнутые электродвигатели для частотно-регулируемых электроприводов.

#### **2.1. Крановые асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором, предназначенные для питания от промышленной сети**

Отечественной промышленностью выпускаются асинхронные крановые электродвигатели с фазным и короткозамкнутым ротором, одно- и двухскоростные. Для применения на кранах общего назначения выпускаются электродвигатели с классом нагревостойкости изоляции F, для кранов и агрегатов металлургического производства – класса H.

Основные серии двигателей: фазные – МТФ, МТН, 4МТФ, 4МТН, 4МТМ и короткозамкнутые – МТКФ, МТКН, 4МТКФ, 4МТКН. Короткозамкнутые электродвигатели выпускаются мощностью до 30 кВт. Кроме того, для малых мощностей выпускаются двигатели DMТФ, DMТКН, АМТФ, АМТКН.

Двухскоростные двигатели выпускаются сериями МТКН, 4МТКН и 5АТ.

Двигатели представлены в шести-, восьми- и десятиполюсном исполнении. Быстроходные обмотки двухскоростных двигателей выпускаются также в четырехполюсном исполнении.

Основное конструктивное исполнение двигателей – горизонтальное на лапах с одним концом вала. Двигатели серии 4МТ отличаются от двигателей серии МТ установочно-присоединительными размерами, двигатели 4МТ выпускаются в соответствии с нормами МЭК.

Электродвигатели всех габаритов изготавливаются в закрытом обдуваемом исполнении, двигатели мощностью свыше 45 кВт, кроме того, в защищенном исполнении с независимой вентиляцией от внешнего вентилятора с электроприводом.

Следует отметить, что крановые электродвигатели большинство времени работают на номинальных скоростях, где эффективность самовентиляции велика. Поэтому независимая вентиляция в крановых двигателях применяется в электроприводах интенсивного режима работы, где велика доля пусковых и тормозных потерь, и где ее применение позволяет избежать увеличения статической мощности.

Основные характеристики российских крановых асинхронных двигателей приведены в [1].

Представляет интерес возможность использования крановых асинхронных двигателей с фазным и короткозамкнутым ротором предназначенных для питания от промышленной сети в составе частотно-регулируемого электропривода. В настоящее время имеется положительный опыт эксплуатации асинхронных двигателей мощностью до 55 кВт с закороченным фазным ротором при питании от преобразователей частоты. Такое техническое решение принималось при модернизации кранов, оборудованных традиционными системами кранового электропривода на базе асинхронного двигателя с фазным ротором. Для снижения стоимости такой модернизации сохранялись электродвигатели и, в ряде случаев, пускорегулирующие резисторы, которые применялись в качестве тормозных.

Электродвигатель с фазным ротором, выбранный для работы в традиционной системе кранового электропривода с реостатным регулированием при переводе его на питание от преобразователя частоты (если режим работы механизма не превышает), всегда имеет меньший уровень пусковых потерь. При векторном управлении, как правило, снижаются потери и в установившемся режиме, так как при частичной нагрузке в электроприводе производится оптимизация энергопотребления.

Короткозамкнутые крановые электродвигатели серий МТ и 4МТ мощностью до 30 кВт достаточно широко применяются при создании крановых электроприводов механизмов горизонтального перемещения (например, на башенных кранах), а в ряде случаев и в электроприводах механизмов подъема.

## **2.2. Частотно-регулируемые крановые электродвигатели**

Работа асинхронных двигателей в системах частотного регулирования имеет свои особенности. Прежде всего, при частотном управлении значительно снижаются потери энергии в двигателях в пуско-тормозных режимах. Это позволяет переходить на более высокооборотные электроприводы, и при проектировании двигателей основное внимание уделять снижению потерь в обмотках двигателя в номинальном режиме. При проектировании двигателей для системы частотного регулирования учитывается следующее:

1. Основные соотношения между геометрическими размерами, принятые для крановых асинхронных двигателей, сохраняются, поскольку определяющим здесь является режим работы, а не система регулирования.

2. В современных частотно-регулируемых электроприводах с векторным управлением механические характеристики формируются системой управления преобразователя. Поэтому при

проектировании электродвигателей, предназначенных для работы только с преобразователями частоты, можно не предпринимать специальные меры для повышения перегрузочной способности и пускового момента.

3. Оптимальные частоты вращения двигателей в системах частотного регулирования, как уже было сказано, выше, чем в обычных системах, и составляют 1900 - 1800 об/мин для легкого и среднего режимов работы и до 1000 - 800 об/мин – для тяжелого режима. Однако при проектировании следует согласовывать максимальную частоту вращения разрабатываемого электропривода и максимальную допустимую частоту вращения редуктора.

4. Двигатели должны быть работоспособны при повышении частоты выходного напряжения преобразователя в 1,5 - 2 раза по отношению к номинальной частоте.

5. С целью снижения потерь обмотка ротора двигателя заливается чистым алюминием или выполняется медной, скольжение при этом – минимальное. Регулирование выходного напряжения и частоты двигателя позволяет оптимизировать использование его активных частей и обеспечить работу двигателя в режиме минимальных потерь.

6. Возможно исполнение двигателей на нестандартное напряжение, соответствующее выходному напряжению преобразователя частоты.

Все эти мероприятия, а также оптимальное разграничение зон регулирования, позволяют при одинаковой нагрузке снизить в 1,5 - 1,8 раза мощность двигателя в частотно-регулируемом приводе.

Специальная серия крановых двигателей для частотно-регулируемых электроприводов выпускается отечественной промышленностью. Эта серия включает в себя двигатели типа АД2КД мощностью от 4 до 11 кВт в шести- и четырехполюсном исполнении с пристроенными дисковыми тормозами и двигатели 4МТКД мощностью от 22 до 110 кВт в шести- и восьмиполюсном исполнении. Двигатели 4МТКД выполнены с использованием основных узлов традиционных двигателей серии 4МТН и изготавливаются в закрытом обдуваемом исполнении, а также с вентиляцией, не зависящей от внешнего вентилятора с электроприводом.

Для этих двигателей разработаны автономные тормозные устройства с гидротолкателями.

Технические данные двигателей АД2КД и 4МТКД для частотно-регулируемых электроприводов приведены в [2].

### **2.3. Применение асинхронных двигателей общего назначения в крановом электроприводе**

Асинхронные короткозамкнутые двигатели общего назначения отличаются от крановых двигателей, как электрическими параметрами, так и конструктивным исполнением.

Двигатели общего назначения в сравнении с крановыми двигателями имеют меньший пусковой и максимальный моменты, большее значение пускового тока, меньшее номинальное скольжение. Вал, подшипниковые щиты, станина имеют меньший запас прочности. Пакет ротора на валу часто крепится посадкой с натягом без шпоночного соединения, что совершенно недопустимо для крановых электродвигателей. Поэтому область применения таких двигателей в крановом электроприводе ограничивалась механизмами передвижения кранов с низкими номинальными скоростями – электроталей, башенных и порталных кранов. Для этого, как правило, использовалась модификация двигателей общего назначения с повышенным скольжением.

В настоящее время распространилось мнение, что с появлением преобразователей частоты с векторным управлением, необходимость в крановых двигателях отпала.

Действительно, высокий пусковой момент таких двигателей в системах частотного регулирования оказывается невостребованным, т.к. преобразователь с векторным управлением формирует механические характеристики с неизменной перегрузочной способностью, не зависящей от напряжения сети во всем диапазоне регулирования скорости. Двигатели общего назначения имеют при одинаковой с крановыми двигателями мощности меньший номинальный ток статора, меньшее номинальное скольжение, более высокий КПД, коэффициент мощности.

Таким образом, по электрическим параметрам двигателя общего назначения более пригодны для работы в составе частотно-регулируемого электропривода, чем традиционные крановые двигатели. Кроме того, они имеют меньшую массу и, как следствие, более низкую стоимость.

Тем не менее, меньший запас прочности механических деталей, посадка пакета ротора без шпоночного соединения, часто более низкий класс изоляции двигателей общего назначения требует осторожности при их применении в электроприводе механизмов подъема, особенно на кранах интенсивного режима работы.

По всей вероятности целесообразно ограничить применение таких двигателей в частотно-регулируемом электроприводе механизмов горизонтального перемещения кранов режимов до 5К.



## Глава 3

# Особенности частотно-регулируемого кранового электропривода

### 3.1. Электропривод механизма подъема

Механические характеристики идеального электропривода механизма подъема располагаются во всех четырех квадрантах, см. рис. 3.1.

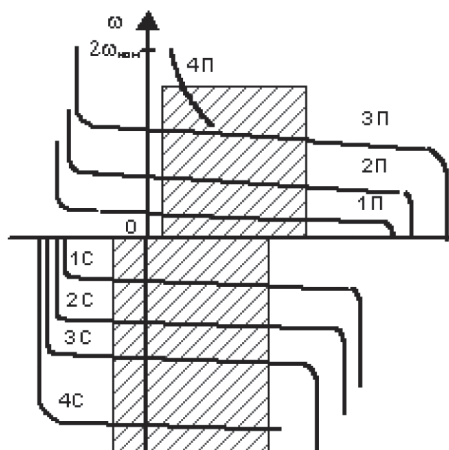


Рис. 3.1. Желаемые механические характеристики электропривода механизма подъема

Главной отличительной особенностью электропривода механизма подъема является наличие активного (потенциального) характера момента нагрузки. Активный момент нагрузки всегда имеет один знак, т.е. момент, создаваемый весом груза, всегда стремится раскрутить механизм в сторону спуска. Таким образом, при подъеме груза (первый квадрант механических характеристик) электропривод должен преодолевать этот момент (работать в двигательном режиме), при работе в направлении спуска (четвертый квадрант механических характеристик) не давать грузу опускаться в режиме свободного падения (тормозной режим). Потенциальная энергия груза при опускании должна или возвращаться в питающую сеть (что более предпочтительно) или рассеиваться в виде тепла в специальном устройстве. Необходимость обеспечения установившейся скорости в тормозном режиме является главным требованием к электроприводу механизма подъема и является определяющим при выборе структуры силовой цепи.

Кроме того, для большинства электроприводов механизма подъема существует так называемый режим силового спуска – когда статический момент, создаваемый весом легкого груза или пустого крюка, не преодолевает момент от потерь в механической части (редукторе, канатно-блочной системе). В этом случае электропривод работает в двигательном режиме с весьма небольшим тормозным моментом – не более 10-15% от номинального. Характеристики силового спуска располагаются в третьем квадранте.

Во втором квадранте электропривод не имеет установившегося режима и работает только в режиме торможения с высших на низшие скорости.

Поскольку большинство электроприводов механизма подъема требуют регулирования скорости, в каждом квадранте располагается несколько механических характеристик. Характеристика 1 в первом квадранте служит в основном для обтягивания строп грузозахватного приспособления. Характеристика 2 является промежуточной. При работе на характеристике 3 производится подъем груза с номинальной скоростью. Характеристики 4, лежащие в первом, третьем и четвертом квадрантах используются в электроприводе кранов с большой высотой подъема, прежде всего башенных. При работе на этих характеристиках производится подъем и опускание грузов массой меньше номинальной с повышенной скоростью.

Наибольшее влияние на выбор системы электропривода и ее структуру оказывает характеристика 1, лежащая в третьем и четвертом квадрантах. Скорость опускания груза на этой характеристике называется посадочной или установочной, определяется технологическими требованиями к крану и является одной из главных характеристик электропривода механизма подъема.

При активном моменте нагрузки всегда возникает опасность падения груза с угрозой для жизни людей и разрушения механизмов. Поэтому, к конструкции как механической, так и электрической частей правилами “Устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов” предъявляются требования, направленные на обеспечение безопасности.

Первым из них является обязательное наличие в конструкции механической части тормоза так называемого “нормально замкнутого типа”, т.е. при отключенном приводе механизм должен быть всегда заторможен. Тормоз должен обладать достаточным запасом тормозного момента, называемым “коэффициентом запаса торможения”.

Вторым требованием является обязательное обеспечение опускания груза только работающим электродвигателем.

Указанные требования определяют схемные решения, и построение силового канала электропривода механизма подъема с преобразователем частоты:

- электропривод должен обеспечивать достаточный запас пускового момента при максимальной допустимой нагрузке и максимальном допустимом снижении питающего напряжения;

- растормаживание механического тормоза должно производиться только после того, как электропривод разовьет пусковой момент достаточный для подъема груза;

- срабатывание любой защиты электропривода должно приводить к отключению электропривода с затормаживанием механическим тормозом;

- преобразователь частоты должен быть оборудован устройством рекуперации или рассеяния энергии торможения (тормозной резистор) с мощностью, достаточной для обеспечения опускания груза максимальной допустимой массы на номинальной скорости.

Наиболее распространенная структурная схема частотного электропривода механизма подъема крюкового крана общего назначения представлена на рис. 3.2.

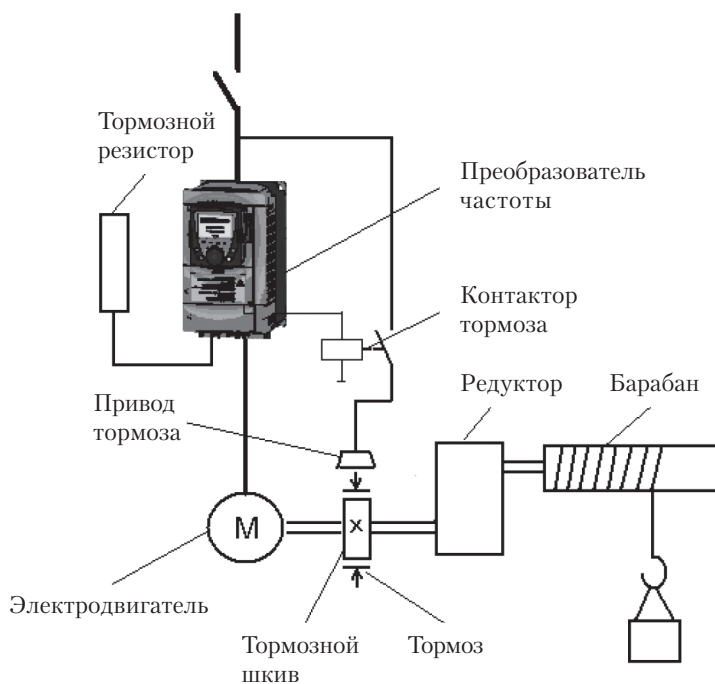


Рис. 3.2. Структурная схема электропривода механизма подъема

Управление электромеханическим (электрогидравлическим) приводом тормоза производится контактором, включающимся встроенным релейным выходом преобразователя

частоты после того, как электродвигатель разовьет достаточный пусковой момент. Для рассеяния энергии торможения служит тормозной резистор, хотя может применяться и устройство рекуперации энергии.

Кроме того, некоторые электроприводы могут содержать датчики скорости и перемещения.

Кроме представленной на рис. 3.2 традиционной компоновки механической части привода существует также вариант, при котором механический тормоз с электромагнитным приводом составляет одно целое с двигателем. Некоторое распространение в крановом электроприводе получили также двигатели с коническим подвижным ротором, растормаживание которых производится при осевом перемещении ротора под действием электромагнитных сил.

### 3.2. Электропривод механизмов горизонтального перемещения

К механизмам горизонтального перемещения относят механизмы передвижения кранов и грузовых тележек, а также механизмы поворота. Все эти механизмы имеют реактивный (т.е. не зависящий от направления движения) момент нагрузки.

Идеальный электропривод механизма горизонтального перемещения должен обеспечивать жесткие механические характеристики (рис. 3.3) в двигательном и тормозном режимах. В отличие от механизма подъема тормозной режим механизмов горизонтального перемещения занимает лишь небольшое время цикла и возникает, как правило, при переходе с высших скоростей на низшие.

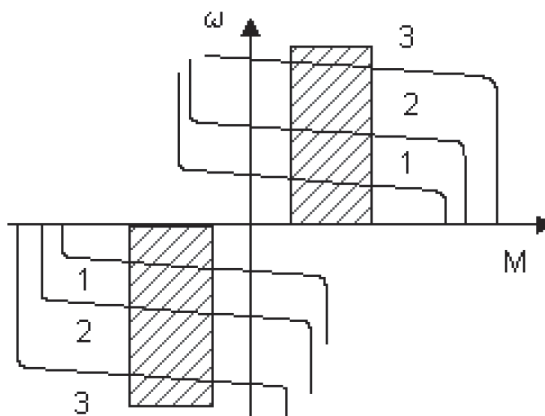


Рис. 3.3. Желаемые механические характеристики электропривода механизма горизонтального перемещения

В тормозном режиме электропривод механизмов горизонтального перемещения может работать также при движении под уклон (что бывает при неисправности рельсовых путей) или при движении по ветру.

Многие механизмы горизонтального перемещения имеют большой приведенный момент инерции, поэтому, во избежание повышенных динамических нагрузок на металлоконструкции и механизмы электропривод должен ограничивать ускорения при пуске и торможении.

В связи с большим моментом инерции электродвигатели таких механизмов выбираются с учетом повышенных пусковых потерь, из-за этого статический момент на валу электродвигателей в установившемся режиме не превышает, как правило, 50% номинального момента.

Масса перемещаемого груза, как правило, оказывает небольшое влияние на статический момент электропривода механизма передвижения, т.к. масса металлоконструкции крана обычно больше массы груза.

Масса груза и масса грузовой тележки мостового крана уже соизмеримы, а масса грузовой тележки башенного крана намного меньше массы груза. Поэтому масса перемещаемого груза оказывает значительное влияние на загрузку механизмов.

Алгоритм управления тормозом в электроприводах механизмов горизонтального перемещения проще, чем в электроприводах механизмов подъема. Из-за реактивного момента

нагрузки снятие тормоза в большинстве случаев можно производить, не дожидаясь, пока момент электродвигателя возрастет до значения статического момента. Основным требованием является наложение тормоза при скорости, близкой к нулевой, для снижения динамических нагрузок и уменьшения износа тормозных накладок.

Особенностью электроприводов горизонтального перемещения является то, что большинство из них реализуются как многодвигательные приводы, например, приводы механизмов передвижения кранов и механизмов поворота. В этом случае электродвигатели могут питаться как от одного преобразователя частоты (рис. 3.4), что является наиболее экономичным вариантом, так и от индивидуальных преобразователей, обеспечивающих более гибкое управление крановыми механизмами. Можно предположить, что в многодвигательных приводах мостовых и козловых кранов общего назначения с небольшими пролетами достаточно одного преобразователя для питания группы двигателей. В этом случае, каждый двигатель должен быть оборудован индивидуальной защитой от перегрузки в виде теплового реле (рис. 3.4).

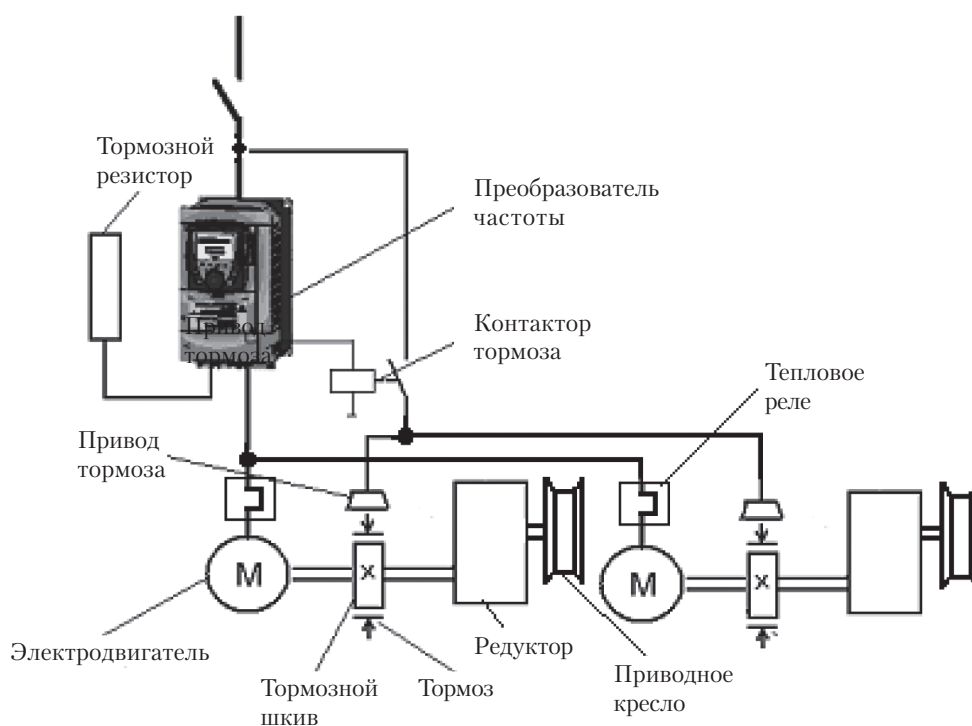


Рис.3.4. Структурная схема электропривода механизма передвижения

Питание двигателей от индивидуальных преобразователей представляется целесообразным для приводов механизмов передвижения мостовых и козловых кранов с большими пролетами. В этом случае благодаря большей гибкости управления возможно обеспечение выравнивания нагрузки между двигателями по схеме «ведущий-ведомый», синхронизации движения приводов с целью устранения перекоса моста крана и т.д.

Наиболее сложными с точки зрения организации управления являются электроприводы механизмов поворота башенных кранов, особенно с верхним расположением поворотного строения. Наличие упругих металлоконструкций, широкий диапазон изменения статического момента и момента инерции существенно усложняют управление такими механизмами. Общий подход к построению таких электроприводов пока не выработан, и практически каждая краностроительная фирма имеет свой вариант реализации такого привода.

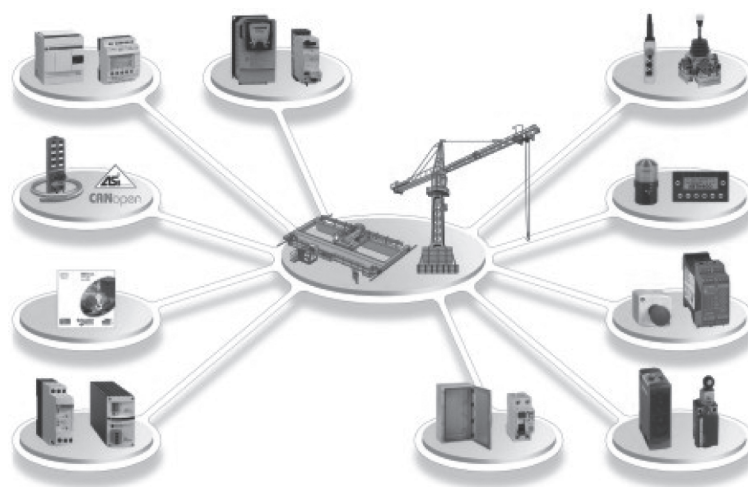
Следует отметить, что в крановых приводах, особенно для механизмов подъема, весьма важным является вопрос обеспечения тормозных режимов работы приводов. При переходе двигателя в режим торможения, например, при спуске груза или интенсивном торможении крана или тележки, энергия торможения может гаситься на тормозных резисторах или рекуперироваться в сеть с помощью специальных модулей. Вопросы, связанные с рациональным выбором тормозных устройств, подробно изложены в [1 и 3].

## Глава 4

### Опыт проектирования и внедрения крановых частотно-регулируемых электроприводов

В течение многих лет компания Schneider Electric укрепляет свои позиции в области краностроения, и сегодня она является одним из основных производителей современных средств автоматизации и электрооборудования, предназначенных для применения в системах управления подъемно-транспортным оборудованием:

- Программируемые логические контроллеры и средства распределения ввода/вывода.
- Средства человеко-машинного интерфейса и супервизорного управления (SCADA).
- Преобразовательная техника для электродвигателей переменного тока.
- Пускозащитная и коммутационная аппаратура.
- Датчики и концевые выключатели.
- Корпуса аппаратных шкафов и устройства для их вентиляции и обогрева.



Сегодня компания Schneider Electric имеет прочные связи более чем с тремя десятками производителей крановых механизмов и панелей управления для них. В настоящее время уже сотни новых и модернизированных крановых механизмов различного назначения оснащены оборудованием компании.

В данной главе приведены статьи наших партнеров, опубликованные за последние годы в журнале «Подъемно-транспортное оборудование», в которых отражены практически все аспекты, связанные с проектированием и модернизацией крановых электроприводов.

## 4.1. ЗАО «СИ-ЭЛ»: «Применение преобразователей частоты компании Schneider Electric для электроприводов подъёмно-транспортных машин»

*ЗАО «СИ-ЭЛ» («Силовая электроника») разрабатывает, проектирует, изготавливает и устанавливает «под ключ» электрооборудование для различных типов подъёмно-транспортных машин с 1994 года.*

Объём электротехнической продукции компании Schneider Electric в проектах «СИ-ЭЛ» постепенно увеличивался, начиная с применения «клеммников» и автоматических выключателей и заканчивая использованием полного комплекта релейно-контакторной и электронной аппаратуры, эксплуатационная надёжность которой была по достоинству оценена нашими заказчиками.

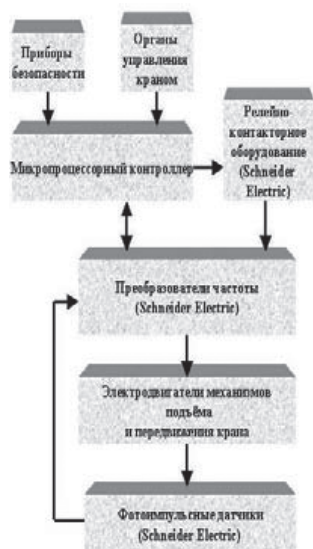
Впервые ЗАО «СИ-ЭЛ» использовало преобразователи частоты семейства Altivar® торговой марки Telemecanique компании Schneider Electric на новых кранах, поставляемых за рубеж. Это были козловой и мостовой краны, спроектированные и изготовленные ОАО «Подъёмтрансмаш» (г. Санкт-Петербург).

Первый из них с июня 2000 года трудится на плотине горной реки во Вьетнаме, а второй — с декабря 2001 года на гидроэлектростанции в Марокко.

На сегодняшний день преобразователи частоты Altivar® применены специалистами «СИ-ЭЛ» в электроприводах восьми подъёмно-транспортных промышленных объектов (см. таблицу).

Ниже приведена типовая структурная схема системы управления электроприводами с преобразователями частоты для подъёмных кранов различного типа, где управление силовыми контакторами и сбор информации от приборов безопасности (концевые выключатели ограничения движений по степеням подвижности крана, ограничители по максимально допустимой грузоподъёмности крана, блокировки дверей, калиток и люков, блокировки по нулевому положению рукояток управления краном и др.), а также передача сигналов разрешения работы и сигналов направления и величины задания скорости на преобразователи частоты выполняются микропроцессорным контроллером.

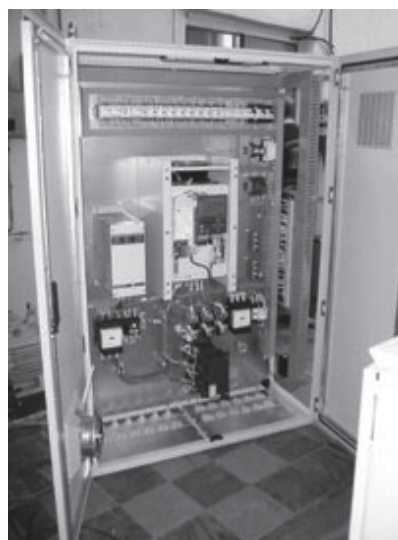
Преобразователи частоты подключены к электродвигателям и, получая информацию о фактической скорости вращения от фотоимпульсных датчиков, выполняют возложенную на них функцию преобразования энергии и поддерживают вращение электродвигателей с заданной оператором скоростью.



Структурная  
схема



Мостовой монтажный кран  
200/15/15 т на ГЭС  
«Диар Эль Уэд» (Марокко)



Станция управления механизмами главного  
и вспомогательного подъёмов крана мостового  
180/32 т (ЗАО «Сибтяжмаш», АЭС «Куданкулам»)  
с преобразователем частоты ATV68, 75 кВт

Заказчик и тип крана	Механизмы крана	Преобразователи частоты Altivar®
ГЭС «Да-Ми» (Вьетнам) Кран козловой 2 х 8 т (управление из кабины), 2000 г.	Тележка 1 х 4 кВт	ATV58, 5,5 кВт
	Кран 4 х 4 кВт	ATV58, 22 кВт
ГЭС «Дшар Эль Уэд» (Марокко) Кран мостовой 200/15/15 т (управление из кабины и от двух удалённых местных командных постов), 2001 г.	Подъём 200 т, 1 х 110 кВт Вспомогательный подъём 1: 15 т, 1 х 30 кВт Вспомогательный подъём 2: 15 т, 1 х 30 кВт	ATV68, 110 кВт (поочерёдная работа с тремя механизмами)
	Тележка 1 х 7,5 кВт Кран 2 х 7,5 кВт	ATV58, 18,5 кВт (поочерёдная работа с двумя механизмами)
ЗАО «Сибтяжмаш» (г. Красноярск) АЭС «Куданкулам» (Индия) Кран мостовой (180) + 180/32 т, 2004 г.	Главный подъём 180 т, 1 х 55 кВт Вспомогательный подъём 32 т, 1 х 45 кВт	ATV68, 75 кВт (поочерёдная работа с двумя механизмами)
	Тележка 2 х 11 кВт	ATV58, 22 кВт
	Кран 4 х 11 кВт	ATV58, 45 кВт
ЗАО «Сибтяжмаш» (г. Красноярск) АЭС «Куданкулам» (Индия) Тележка пассивная, мобильная с лебёдкой 180 т, 2004 г.	Главный подъём 180 т, 1 х 55 кВт	ATV68, 75 кВт
ГУП «Адмиралтейские верфи» (г. Санкт-Петербург) Кран мостовой 32/5 т, 2004 г.	Главный подъём 32 т, 1 х 55 кВт Вспомогательный подъём 5 т, 1 х 22 кВт	ATV58, 55 кВт (поочерёдная работа с двумя механизмами)
	Тележка 1 х 7,5 кВт	ATV58, 11 кВт
	Кран 2 х 22 кВт	ATV58, 37 кВт
ГУП «Адмиралтейские верфи» (г. Санкт-Петербург) Два крана мостовых 32/5 т, 2005 г.	Главный подъём 32 т, 1 х 75 кВт Вспомогательный подъём 5 т, 1 х 30 кВт	ATV68, 90 кВт (поочерёдная работа с двумя механизмами)
	Тележка 1 х 18,5 кВт	ATV58, 22 кВт
	Кран 2 х 22 кВт	ATV58, 55 кВт
ОАО «ВНИИПТМАШ» (г. Москва) Лебёдка специальная 12 т, 2005 г.	Лебёдка подъёма 2 х 132 кВт	Преобразователи ATV68, 2 х 132 кВт Рекуператор ATV68RC, 332 кВт

Для механизмов крана, одновременная работа которых по технологическим требованиям исключена, один преобразователь частоты используется для поочерёдной работы с каждым из двигателей этих механизмов с соответствующей перезагрузкой управляющей программы преобразователя частоты и контакторной перекоммутацией силовых электрических цепей.

При проектировании электропривода лебёдки специального назначения впервые был использован модуль рекуперации ATV68RC34N4 мощностью 332 кВт, позволяющий возвращать энергию генераторного режима работы электродвигателей в питающую сеть. Особенностью данного проекта является также применение рекуператора одновременно для работы с двумя преобразователями частоты.

Если в случае мостового крана производства ЗАО «Сибтяжмаш» (г. Красноярск) преобразователи частоты Altivar® были применены для вновь построенного крана, то для находящихся в эксплуатации мостовых кранов ГУП «Адмиралтейские верфи» (г. Санкт-Петербург) преобразователи частоты были использованы по плану модернизации электрооборудования указанных грузоподъёмных машин с заменой электродвигателей с фазным ротором на асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

В настоящее время в предложении компании по приводной технике появился новый преобразователь частоты Altivar®71, который оснащён всеми необходимыми функциями по управлению подъёмно-транспортными механизмами, и все будущие проекты будут связаны с применением именно этого преобразователя.

Полученный опыт проектирования, изготовления, пусконаладочных работ, а также положительные отзывы наших заказчиков по практике эксплуатации кранов с электроприводами на базе преобразователей частоты позволяют ЗАО «СИ-ЭЛ» рекомендовать нашим заказчикам как для новых, так и для модернизируемых подъёмных кранов использование электроприводов с преобразователями частоты компании Schneider Electric.

Технические параметры по электрооборудованию и электроприводам подъёмных кранов, где ЗАО «СИ-ЭЛ» применило преобразователи частоты Altivar®, приведены в таблице.

## **4.2. ЗАО «Шнейдер Электрик»: «Автоматизированное оборудование для управления подъёмно-транспортными механизмами»**

---

*Компания Schneider Electric является одним из крупнейших в мире производителей современных средств автоматизации, предназначенных для применения в системах управления подъёмно-транспортным оборудованием.*

---

К вышеупомянутой продукции Schneider Electric относятся:

- программируемые логические контроллеры и средства распределённого ввода/вывода;
- средства человеко-машинного интерфейса и супервизорного управления (SCADA);
- приводная техника для электродвигателей переменного тока;
- пускозащитная и коммутационная аппаратура;
- датчики и концевые выключатели, а также корпуса шкафов и устройства для их вентиляции и обогрева.

Вся продукция компании отвечает международным требованиям по безопасности и гарантирует бесперебойное функционирование подъёмных механизмов, что подтверждается успешным применением данного оборудования такими известными производителями грузоподъёмных кранов, как «Industrias Electromecanicas GH, S.A.» и «JASO Equipos de Obras y Construcciones, S.L.» (Испания), «KCI Konecranes» (Финляндия), «Potain» (Франция) и др.

Неотъемлемой частью изделий Schneider Electric для обеспечения человеко-машинного интерфейса является оборудование, представленное далее.



## Подвесные посты ХАС

Подвесные кнопочные посты ХАС предназначены для управления грузоподъёмными механизмами «с пола». Корпусы постов имеют степень защиты IP65. Двойная изоляция корпуса из полипропилена или полиэстера обеспечивает класс II защиты от поражения электрическим током в соответствии со стандартом IEC<sup>1</sup> 536. Контактные блоки постов оснащены механической блокировкой между парами кнопок и имеют возможность электрической блокировки, что позволяет исключить возможность одновременной подачи несовместимых команд.

Помимо стандартных кнопок в посты могут устанавливаться и другие функциональные устройства: кнопки аварийного останова, сигнальные лампы, переключатели, переключатели с ключом. Последние являются более совершенным решением по сравнению с традиционным «ключом-маркой». Универсальный резиновый сальник конической формы позволяет подключать контрольные кабели разного диаметра. Корпус пульта оборудован петлей для присоединения металлического тросика подвеса. Контрастная цветовая маркировка и простые для понимания символы кнопок обеспечивают лёгкость их применения.

Кнопочные посты ХАС могут быть как в стандартном исполнении, так и в исполнении «под заказ». Стандартный пост предназначен для управления подъёмно-транспортными механизмами в одном, двух или трёх направлениях. Различные модификации обеспечивают управление двухскоростными двигателями и позволяют реализовать режим «быстрее – медленнее» при помощи преобразователя частоты, используемого для управления двигателем механизма.

Конфигурация поста на заказ определяется по опросному листу компании Schneider Electric, который заполняется заказчиком. Пост, выполненный по заказу, может содержать до 30 функциональных устройств: кнопок, кнопок аварийного останова, сигнальных ламп, переключателей, переключателей с ключом. Маркировка устройств такого поста осуществляется посредством этикеток со стандартными символами или с помощью этикеток, на которые пользователь наносит обозначения самостоятельно. Возможность самостоятельного определения конфигурации позволяет учесть все нестандартные требования заказчика к кнопочному посту.

## Командоконтроллеры ХК

Компания Schneider Electric производит несколько модификаций электромеханических командоконтроллеров ХК для управления грузоподъёмными механизмами:

- компактные командоконтроллеры ХКВ для портативных пультов управления;
- стандартные командоконтроллеры ХКD для кресел оператора;
- усиленные командоконтроллеры ХКМ для кресел оператора.

Командоконтроллеры ХК обеспечивают движение в двух или четырёх направлениях (возможно движение в двух направлениях одновременно).



<sup>1</sup> Аббревиатура от International Electrotechnical Commission – Международная электротехническая комиссия (англ.). (Прим. ред.).

Рычаг управления манипулятора оснащается устройствами безопасности: датчиком присутствия руки оператора, механической блокировкой рычага в центральной позиции, кнопкой звуковой сигнализации и др. Движение рычага по рабочему полю осуществляется плавно или с фиксацией ступеней. Электрические контактные блоки могут работать в цепях переменного и постоянного тока. Количество электрических контактных блоков на одно направление варьируется от 4 (для ХКВ) до 24 (для ХКМ). В зависимости от конфигурации командоконтроллеры содержат один или два потенциометра для каждого типа перемещения. Конструкция манипулятора предусматривает защиту движущихся частей от пыли и влаги степени IP54 при установке в соответствующий корпус пульта управления.

Конфигурация командоконтроллера и номер для заказа определяются на основании опросного листа. Программное обеспечение ХК Design позволяет проверить возможность реализации диаграммы работы командоконтроллера.

Командоконтроллеры ХКВ применяются в портативных пультах заводского изготовления ХЈР, а командоконтроллеры ХКД и ХКМ — в стационарных креслах оператора ХЈС (см. ниже).

### **Портативные пульты управления ХЈР**

Портативные пульты оператора ХЈР предназначены для управления подъёмно-транспортными механизмами «с пола».



Конструкция пультов управления учитывает эргономические требования к размещению аппаратуры управления в «комфортной зоне» оператора. Портативные пульты управления ХЈР позволяют разместить 2 манипулятора ХКВ и 8 функциональных устройств (кнопок, переключателей, сигнальных ламп и др.) в корпусе устройства. Корпус пульта сделан из полиэстера, армированного стекловолокном. Пульт управления имеет степень защиты IP54. Для удобства крепления пульт оснащается гибкими полиамидными ремнями или полужёсткой нагрудной подвеской с регулируемыми размерами. На корпусе пульта установлены металлические поручни, которые обеспечивают защиту оператора от случайных воздействий

и могут использоваться как ручки для транспортировки. Контрольные кабели вводятся в корпус через резиновый сальник конической формы.

Конфигурация портативного пульта ХЈР определяется по опросному листу.

### **Кресло оператора ХЈС**

Кресло оператора ХЈС включает в себя операторское место и аппаратуру управления грузоподъёмным механизмом, которая размещается в двух аппаратных шкафах справа и слева от кресла.

Кресла оператора могут быть в стационарном исполнении или вращающимися. Для обоих вариантов имеются аппаратные шкафы разной ширины для размещения кресла в кабине не только мостовых, но и башенных кранов, где предъявляются более жёсткие требования к его установке. Аппаратные шкафы могут быть неподвижными относительно кресла или вращаться вместе с ним на общем пьедестале. Они имеют степень защиты IP54.

Командо-контроллеры ХК и другие функциональные устройства (кнопки, переключатели, сигнальные лампы и т.д.) устанавливаются на съёмных верхних панелях, что позволяет при необходимости проводить сервисные работы вне кресла.

Эргономичное кресло на пружинной подвеске с гидравлическими амортизаторами двойного действия обеспечивает комфорт оператору. Подвеска закрыта защитным кожухом. Кресло регулируется по высоте сиденья и подголовника, наклону сиденья и спинки, имеет подвеску с настройкой под оператора, а также складывающиеся и регулирующиеся подлокотники.

Конфигурация кресла оператора ХЈС определяется по опросному листу и соответствующему каталогу.

Все перечисленные выше устройства соответствуют международным и российским стандартам.

### 4.3. ООО «Кранприборсервис»: «Модернизация кранов»

*Опыт успешной модернизации крановых электроприводов с использованием техники Schneider Electric*

Большинство современных крановых электроприводов выполнено на основе асинхронных двигателей с фазным ротором, которые управляются силовыми контроллерами или низковольтными комплектными устройствами (панелями управления). Основным достоинством таких электроприводов является простота их использования, низкая стоимость и ремонтпригодность. Однако эти электроприводы не лишены и весьма существенных недостатков. Вот некоторые из них:

- невозможность получения посадочной скорости в электроприводах механизмов подъёма с силовыми контроллерами;
- отсутствие режима силового спуска пустого крюка и лёгких грузов в электроприводах механизмов подъёма с панелями управления;
- отсутствие электрического торможения в электроприводах механизмов передвижения;
- низкая износостойкость релейно-контакторной аппаратуры;
- большие потери энергии при пуске и торможении электроприводов в интенсивном режиме работы.

Резюмируя вышесказанное, можно предположить, что многие крановые электроприводы не отвечают современным требованиям.

Зачастую промышленные предприятия, где установлены краны, изменяют технологию производства и номенклатуру выпускаемой продукции, делают перепланировку производственных и складских помещений. В результате этого мостовой кран, изначально предназначенный для обслуживания склада металла, может, например, использоваться для точных монтажных операций, а краны, управляемые из кабины, переводятся на управление с пола или по радиоканалу и пр.

Модернизация крановых электроприводов зачастую обусловлена необходимостью выполнения требований, предъявляемых к современным кранам.

#### **Цели**

Основными целями модернизации являются:

- расширение диапазона регулирования скорости;
- повышение плавности переходных процессов;
- исключение быстроизнашивающейся релейно-контакторной аппаратуры;
- уменьшение потерь энергии;
- перевод крана на управление с пола с помощью подвесного пульта или по радиоканалу;
- необходимость сопряжения системы управления краном с системой управления верхнего уровня.

Важно заметить, что ретрофит, то есть применение уже установленного оборудования, пригодного для дальнейшего использования, но требующего обновления, позволяет существенно снизить затраты на модернизацию.



*Рис. 1. Модернизированный мостовой кран 1932 года выпуска*

В настоящее время наиболее оптимальным вариантом является **использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода**.

ООО «Кранприборсервис» — давний партнёр Schneider Electric — на протяжении вот уже пяти лет при модернизации и создании новых электроприводов использует разнообразные преобразователи частоты (ПЧ), разработанные этой французской компанией.

Встроенные функции преобразователей позволяют легко интегрировать их в электропривод подъёмно-транспортных машин. Наиболее современными являются преобразователи серии Altivar 71, на базе которых могут быть созданы любые крановые электроприводы.

Векторное управление асинхронным электродвигателем в преобразователях серии Altivar 71 может осуществляться без датчика скорости по вектору тока и вектору напряжения. Последний способ может использоваться при питании параллельно включённых двигателей от одного преобразователя. Кроме того, допускается использование векторного управления с обратной связью по скорости, а также скалярного управления.

Преобразователь серии Altivar 71 обеспечивает простое и быстрое программирование при помощи макроконфигураций, соответствующих различным видам применения. При этом любая из конфигураций остаётся полностью модифицируемой.

Для удобства программирования, контроля и диагностики преобразователь поставляется со съёмным графическим терминалом (8 строк по 24 символа).

**Диапазон регулирования скорости** может достигать 100:1 при векторном управлении без применения датчика скорости. Это особенно важно при модернизации, когда используется уже установленный двигатель, не имеющий встроенного датчика скорости. Следует отметить, что для большинства кранов мостового типа максимально необходимый диапазон не превышает 20:1.

## Функции

**Функция подъёма с повышенной скоростью** необходима для кранов с большой высотой подъёма (башенные и некоторые мостовые краны). В этом случае максимальная скорость подъёма и опускания определяется автоматически в зависимости от массы груза. При этом лёгкие грузы и пустой крюк перемещаются с большей скоростью, чем грузы, близкие к номинальному.

**Функция управления тормозом** предназначена для выдачи сигнала на открытие тормоза (по достижении двигателем необходимого момента) и сигнала на наложение тормоза (при снижении скорости до минимального уровня). Существуют разновидности функции для механизмов подъёма и горизонтального перемещения груза. Для корректировки тока снятия тормоза в зависимости от веса груза может использоваться функция весоизмерения, при этом задействуется внешний датчик массы груза (например из состава ограничителя грузоподъёмности).

**Время пуска и торможения** для крановых механизмов обычно не превышает 6 с. В процессе разгона и/или торможения электропривода возможно изменение времени пуска и торможения внешним сигналом или по достижении определённой выходной частоты преобразователя. Профили кривых пуска и торможения позволяют выбрать наиболее подходящий для конкретного механизма закон изменения скорости.

**Функция позиционирования по конечным выключателям** позволяет подключать контакты последних непосредственно к логическим входам преобразователя. Концевые выключатели могут использоваться для предварительного снижения скорости и остановки. При этом могут использоваться как короткие, так и длинные копии.

**Ограничение момента** электродвигателя при векторном управлении позволяет формировать механическую характеристику «экскаваторного типа». Момент может находиться в пределах  $\approx 0-220\%$  от номинального момента электродвигателя, причём для двигательного и генераторного режима работы ограничение момента может задаваться индивидуально.

**Для торможения электропривода** может быть использован тормозной резистор или блок рекуперации. В электроприводах механизмов подъёма и передвижения при низкой и средней интенсивности работы целесообразнее использовать тормозной резистор. Для электроприводов средней и большой мощности интенсивного режима работы может быть экономически целесообразен возврат энергии торможения в питающую сеть при помощи устройства



Рис. 2. Панель управления электропривода механизма подъёма с ПЧ Altivar 71

рекуперации. Если на кране имеются несколько частотно-регулируемых электроприводов, они могут быть объединены по цепям постоянного тока и питаться от общего блока торможения/рекуперации.

**Функция ограничения перенапряжения на зажимах электродвигателя** целесообразна при использовании установленных до модернизации электродвигателей, особенно в тех случаях, когда длина кабеля между преобразователем и двигателем достаточно велика. **Перенапряжения ограничиваются** введением специального алгоритма широтно-импульсной модуляции без применения дополнительных фильтров.

**Функция мультидвигателя** может применяться при поочерёдном питании двух или трёх электроприводов крана с различными двигателями от одного ПЧ. При этом для каждого двигателя программируются свои уставки защиты и настройки регуляторов, а переключение осуществляется при остановленном двигателе.

**Мультиконфигурация** применяется в случае, когда для одного электропривода необходимо иметь две или три настроечные конфигурации, например для режима управления башенным краном из кабины или с монтажного пульта. Переключение также осуществляется при остановленном двигателе.

**Сменный комплект параметров** применяется для изменения режима работающего электропривода. Количество параметров может достигать трёх комплектов.

### Управление

**Электропривод может управляться** разными способами. Наиболее простым считается управление при помощи логических входов. ПЧ Altivar 71 имеет 6 программируемых логических входов. В случае необходимости может устанавливаться дополнительная карта расширения входов-выходов.

Соединяя тот или иной логический вход с положительным или отрицательным потенциалом встроенного или внешнего источника питания, можно осуществлять пуск, реверсирование, переключение заданных уставок скорости, изменение времени пуска и торможения, переключение комплектов параметров и т. д.

При необходимости бесступенчатого регулирования скорости задавать последнюю можно с помощью аналогового входа.

Управление электроприводом от системы управления верхнего уровня (программируемого контроллера) осуществляется по протоколу Modbus или CANopen через встроенные порты. При необходимости Altivar 71 может подключаться к другим промышленным сетям и шинам с помощью дополнительных коммуникационных карт.

Для реализации специальных алгоритмов управления в составе преобразователя может использоваться программируемая карта встроенного контроллера. Преобразователь, оснащённый такой картой, может применяться для управления локальным электроприводом с прямым подключением различных датчиков или служить в качестве устройства Master для управления всеми электроприводами крана по протоколу CANopen. Карта программируется на языках стандарта IEC<sup>1</sup> 616131-3.

Преобразователь имеет развитую систему диагностики с выдачей сообщений об ошибках и сбоях на графический терминал.

Таким образом, ПЧ Altivar 71 в максимальной степени адаптирован для применения в электроприводе подъёмно-транспортных машин.

<sup>1</sup> Аббревиатура от International Electrotechnical Commission — Международная электротехническая комиссия (англ.). (Прим. ред.).

## Уровни модернизации

В зависимости от целей модернизации и финансовых возможностей заказчика можно выделить несколько уровней модернизации.

**Первый** — наиболее простой **вариант** — предусматривает модернизацию одиночного электропривода, например, электропривода механизма подъёма, с целью расширения диапазона регулирования скорости. Остальные электроприводы крана не модернизируются. В таких случаях, как правило, целиком используется уже установленное на кране оборудование. Дополнительно устанавливается комплектное устройство (шкаф, оснащённый системой вентиляции и отопления) с ПЧ, который управляется по логическим входам от существующего командоконтроллера. По рассмотренному варианту ООО «Кранприборсервис» провело, применив ПЧ Altivar 71, модернизацию электропривода механизма подъёма мостового крана г/п 3 т, изготовленного в 1932 году. Целью модернизации этого крана, установленного в цеху сборки электрических машин АО «Кросна-Мотор», было расширение диапазона регулирования скорости механизма подъёма для проведения точных монтажных операций.

**Вторым** — более сложным **вариантом** — является модернизация всех электроприводов крана. В этом случае также желательно сохранение установленных электродвигателей, концевых выключателей и максимальное использование кабельных трасс. Существующие устройства управления и ввода полностью демонтируются, а взамен устанавливается комплектное устройство с ПЧ и необходимыми устройствами ввода и защиты. Для управления ПЧ используется программируемый контроллер. Существующие командоаппараты в кабине машиниста демонтируются, а взамен устанавливается кресло-пульт с малогабаритными командоконтроллерами (джойстиками).

Иногда для управления электроприводами, одновременная работа которых не предусматривается (например, главного и вспомогательного механизмов подъёма), используется один преобразователь с поочерёдным подключением электродвигателей. Если кран переводится на управление с пола, то один преобразователь может использоваться для управления всеми механизмами. Для размещения комплектного устройства с преобразователем и необходимой коммутационной аппаратурой часто используется кабина машиниста после демонтажа органов управления.

Необходимые переключения силовых и управляющих цепей преобразователя обеспечиваются программируемым контроллером. По такому варианту ООО «Кранприборсервис» выполнило модернизацию с переводом на управление с пола двух мостовых кранов г/п 20/5 т АО «Бакра» и мостового крана г/п 5 т Центрального научно-исследовательского аэродинамического института имени Н.Е. Жуковского (ЦАГИ). Для управления электроприводами этих кранов были использованы ПЧ Altivar 58.

**Третий вариант** является наиболее дорогостоящим и предусматривает полную замену электрооборудования и кабельных трасс.

При этом устанавливаются новые электродвигатели, как правило, специально спроектированные для работы с ПЧ. Такие двигатели имеют усиленную изоляцию, изолированные подшипники, а также датчики скорости, встроенные тормоза, датчики температуры и т. д. Следует отметить, что современная отечественная промышленность только осваивает производство таких электродвигателей в крановом исполнении.

Управление электроприводами и защита такого крана осуществляется от программируемого контроллера, который связан со всеми устройствами (преобразователями, командоаппаратами, концевыми выключателями и датчиками) посредством коммуникационной шины. Зачастую такие краны являются составными элементами автоматизированного производства и управляются от системы верхнего уровня.

Такой модернизации целесообразно подвергать интенсивно работающие перегрузочные и технологические краны.

При этом существенный экономический эффект достигается благодаря повышению производительности, увеличению ресурса механического оборудования и экономии электроэнергии.

Таким образом, применение ПЧ при модернизации крановых электроприводов позволяет успешно решать все поставленные при разработке проекта задачи.

#### 4.4. НПО «АМТ»: «Судовые краны»

*Об опыте успешного применения оборудования компании «Schneider Electric» (Франция) для судовых крановых электроприводов.*

Сухогрузные суда серии «Карелия» (типа «река–море»), строящиеся на Онежском судостроительном заводе в г. Петрозаводске, имеют 12 трюмов, которые закрываются крышками массой по 15 т каждая. Для работы с крышками установлен П-образный кран.

Задача крановщика при погрузочно-разгрузочных работах заключается в том, чтобы при открывании люков трюмов снять крышки и поместить их на склад рядом с надстройкой судна, а после загрузки трюмов — закрыть люки. При этом ему приходится повторять одну и ту же операцию 12 раз за минимальное время. Поэтому скорость горизонтального перемещения крана и скорость подъёма и опускания крышки ограничены.

Привод горизонтального движения обеспечивает перемещение крана со скоростью до 34 м/мин по рельсовому пути длиной 80 м при допустимом крене судна до 5° и допустимом дифференте до 2°.

Привод состоит из 4 электродвигателей (по два с правого и левого бортов) номинальной мощностью по 3 кВт каждый, со встроенными тормозами и номинальной частотой вращения 1460 об/мин. Он должен обеспечивать бесступенчатое регулирование скорости.

С целью коррекции положения крана предусматривается возможность работы только двигателями одного борта.

Перемещение крана на нос и корму судна ограничивается конечными выключателями, отключающими электродвигатели привода перемещения в крайних положениях крана.

Привод подъёма груза обеспечивает подъём и опускание груза массой до 15 т со скоростью до 4,4 м/мин (0,07 м/с). Электродвигатель привода подъёма груза имеет номинальную мощность 15 кВт (при необходимой мощности 10,5 кВт) с номинальной частотой вращения 1460 об/мин и встроенный тормоз. Привод обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости и оснащён конечным выключателем, отключающим электродвигатель при верхнем положении груза, конечным выключателем, предотвращающим размотку троса, и четырьмя конечными выключателями, контролирующими захват груза.

Краном управляет один человек (оператор) с пульта управления, оснащённого необходимой аппаратурой. Местные посты у механизмов не предусматриваются, поскольку все механизмы визуально доступны оператору с места расположения пульта.

Научно-производственное объединение «Автоматизация машин и технологий» разработало системы управления электроприводами движения и подъёма груза с применением оборудования компании «Schneider Electric»: преобразователей частоты Altivar, шкафов Sarel, командоконтроллеров, пускозащитной и коммутационной аппаратуры, конечных выключателей и др.



Рис. 1. Пульт управления краном

Для привода движения были применены два преобразователя частоты ATV31 NU75N4 (по 7,5 кВт каждый, с учётом повторно-кратковременного режима работы крана).

В приводе подъёма использован преобразователь ATV71 HD15N4 мощностью 15 кВт.

Данное решение имеет следующие преимущества. Асинхронные короткозамкнутые электродвигатели имеют высокую степень защиты и эксплуатационной надёжности, требуют минимальных затрат на обслуживание благодаря отсутствию щёточного аппарата.

Пониженная кратность пускового тока ( $1,5I_n$  вместо  $5,7I_n$ , где  $I_n$  — номинальный ток электродвигателя) при сохранении номинального пускового момента электродвигателей обеспечивает благоприятные условия для работы судовой электростанции.

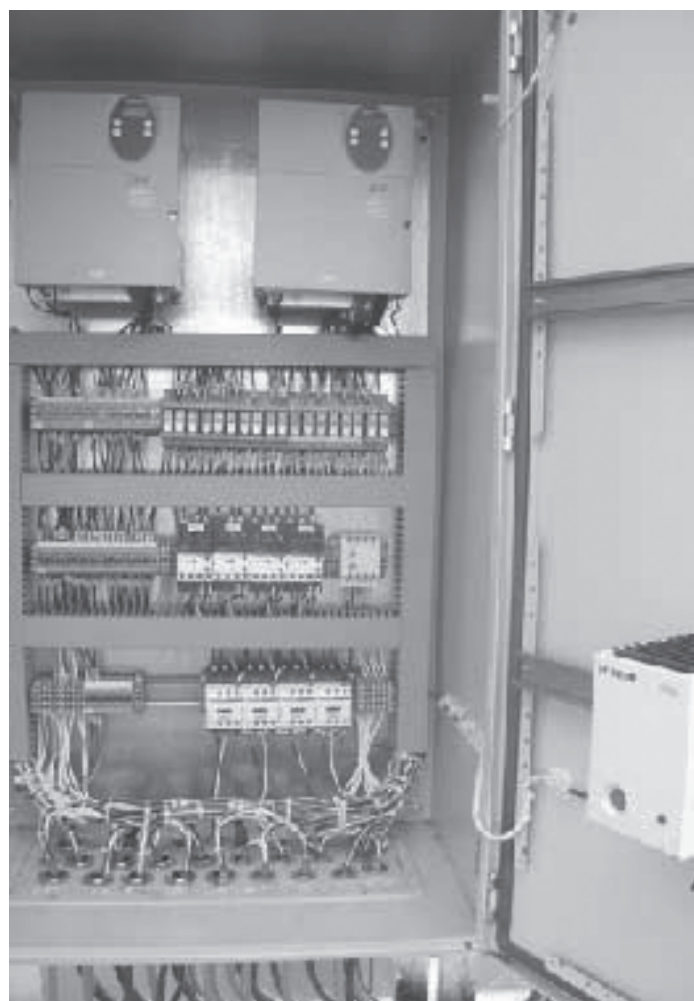
Широкий диапазон регулирования частоты вращения (1:100) позволяет оперативно менять скорость перемещения крана и подъёма груза.

Развитая система защит и диагностики частотных преобразователей обеспечивает высокую эксплуатационную надёжность работы приводов.

Наличие встроенных в частотные преобразователи фильтров обеспечивает нормативный уровень электрических помех и гармонических составляющих напряжения питающей сети. Частотные преобразователи хорошо сопрягаются с джойстиком с аналоговым выходным сигналом, что позволяет организовать эффективный человеко-машинный интерфейс — эргономичный и комфортный для оператора пульт управления.

Для разгона и торможения была выбрана S-образная характеристика, поскольку по сравнению с линейной она даёт более плавные разгон и торможение.

Испытание крана состояло в последовательности 12 циклов подъёма крышки со склада, перемещения её со склада крышек в нос, опускания крышки на носовой трюм, её подъёма и возвращения снова на склад. Циклы следовали друг за другом непрерывно, что создавало более жёсткий режим для крана, чем ожидалось в условиях обычной эксплуатации. Испытания прошли успешно.



Таким образом, использование электрооборудования производства «Schneider Electric», отвечающего международным требованиям по безопасности, позволило создать компактную установку, гарантирующую оптимальное функционирование судового кранового привода. В настоящее время этими установками оснащены уже 6 судов серии «Карелия».

*Рис. 3. Шкаф управления приводом движения с преобразователями частоты ATV31*



## 4.5. ООО «Промышленный ресурс»: «Реализация энергосберегающих технологий в крановых электроприводах»

*Возможности дополнительного энергосбережения при использовании частотного электропривода с модулем рекуперации.*

Многие промышленные предприятия, активно использующие электрические грузоподъёмные краны, сталкиваются с проблемой несоответствия подъёмного оборудования современным техническим требованиям. Подавляющее большинство грузоподъёмных кранов оборудовано недорогой и привычной для обслуживания системой управления электроприводом на базе релейно-контакторных панелей, которая далека от совершенства из-за малого диапазона регулирования скорости, зависимости скорости опускания груза от его массы, негативно влияет на ресурс работы механической части крана и требует значительных расходов для поддержания работоспособности. По сравнению с другими системами управления, релейно-контакторный электропривод имеет наибольшее энергопотребление, так как блоки резисторов включаются в цепь ротора фазного двигателя при работе на скоростях меньше номинальных оборотов двигателя. Таким образом, на примере привода подъёма, до 70% затраченной электроэнергии может уходить на обогрев воздуха, причём не только при спуске, но и при подъёме груза.

Сегодня наиболее эффективным методом модернизации (реконструкции) электрооборудования крана считается использование частотно-регулируемого электропривода.

ООО «Промышленный ресурс», являющееся сертифицированным OEM-партнёром компании Schneider Electric, имеет успешный опыт применения частотно-регулируемого привода в грузоподъёмных кранах. Специалисты ООО «Промышленный ресурс» разработали ряд типовых панелей управления на преобразователях частоты мощностью 5,5–315 кВт, адаптированных для использования в ПТО и сертифицированных на соответствие ГОСТ.

О достоинствах частотного регулирования говорилось уже неоднократно. Такие его преимущества, как повышение надёжности и функциональности электропривода, а также простота обслуживания, общеизвестны. В этой статье мы решили сделать акцент на возможности дополнительного энергосбережения при использовании частотного электропривода с модулем рекуперации.

Сложившаяся практика использования частотного электропривода основывается на том, что электроэнергия, генерируемая двигателем при опускании груза или при торможении инерционного механизма, передаётся на блоки тормозных сопротивлений и преобразуется в тепловую. Торможение с подключением внешнего резистора получило наибольшее распространение в электроприводах с преобразователями частоты как отечественного, так и зарубежного производства.

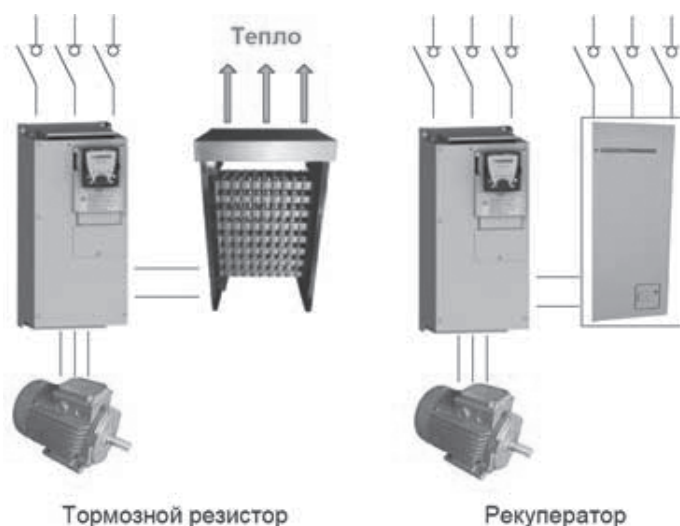


Рис. 1. Принцип работы тормозного резистора и рекуператора

У такого способа торможения есть ряд недостатков. Тормозной резистор подключается к каждому преобразователю частоты, что увеличивает стоимость электропривода и ухудшает массогабаритные показатели установки. Энергия торможения, за исключением потерь в элементах электропривода, выделяется в виде тепловой на тормозном резисторе, что приводит к его значительному нагреву и нерациональному использованию электрической энергии.

Альтернативой такому нерациональному использованию энергии является применение модулей рекуперации, которые заменяют резисторы в приводах с длительной работой в генераторном режиме или имеющих большую тормозную мощность, как, например, у подъёмных и инерционных механизмов. В этом случае энергия торможения электропривода возвращается в питающую сеть.

До недавнего времени модули рекуперации не пользовались большой популярностью в России из-за существующих стереотипов о низкой эффективности рекуперации для систем с током потребления до 100 А, кажущейся сложности внедрения, высокой стоимости модуля рекуперации и низкой стоимости электроэнергии.

Сегодня — с развитием преобразовательной техники, с одной стороны, и постоянно растущими тарифами на электроэнергию, с другой стороны, — применение модулей рекуперации становится всё более актуальным.

Schneider Electric предлагает новое решение в области энергосберегающих технологий: модули рекуперации для преобразователей частоты Altivar 71. Мощность модулей рекуперации представлена в диапазоне 7–200 кВт.

Основные качества (преимущества) модулей рекуперации:

- компактность;
- простой ввод в эксплуатацию без необходимости программирования и настройки;
- возможность подключения к звену постоянного тока нескольких преобразователей частоты;
- возможность параллельного подключения до 4 модулей рекуперации;
- благодаря энергосбережению и с учётом стоимости исключённых из схемы тормозных сопротивлений обеспечивается окупаемость в течение 1–2 лет.

Экономический эффект от внедрения модуля рекуперации увеличивается:

- с увеличением мощности электроприводов;
- при резких торможениях инерционных механизмов;
- при опускании груза на большую глубину (лифты, шахтные подъёмники).

Яркой демонстрацией успешного применения частотного электропривода с модулем рекуперации в ПТО является опыт ООО «Промышленный ресурс», осуществлявшего реконструкцию электрооборудования козлового крана ККС32 в горнорудном обществе «Катока» в Анголе.

Специфическими особенностями данного модернизируемого объекта являлись круглосуточный режим работы, большие затраты на квалифицированный обслуживающий персонал, а также высокие цены на электроэнергию и удалённость от России для поставки запасных частей для ремонта.

При реконструкции крана были заменены:

- электродвигатели на аналогичные по посадочным размерам, но с короткозамкнутым ротором;
- контакторные панели на частотные с преобразователями частоты Altivar 71;
- командоаппараты на эргономичное кресло-пульт с джойстиком;
- блоки сопротивления на модуль рекуперации.

Отличием от классического подключения частотного привода является то, что цепи постоянного тока всех преобразователей частоты и рекуператора были объединены в одно общее звено (см. приведённую схему), благодаря чему энергия, высвобождаемая в генераторном режиме при торможении одного из механизмов крана, могла использоваться для питания других приводов при их одновременной работе, что уменьшило потребление электроэнергии всей установкой в целом. Для защиты преобразователей частоты и кабелей звена постоянного тока от короткого

замыкания в панелях были установлены быстродействующие предохранители. Уменьшение количества кабелей между двигателями и шкафами управления упростило подключение оборудования.

Модуль рекуперации с фильтром электромагнитной совместимости обеспечивал рекуперацию в сеть энергии, высвобождаемой при спуске груза, а также при торможениях крана и его тележки.

Оборудование размещено в шкафах Sarel, оснащённых системой принудительной вентиляции. Фильтры системы вентиляции шкафов сменные, многоразовые. Шкафы имеют степень защиты IP54.

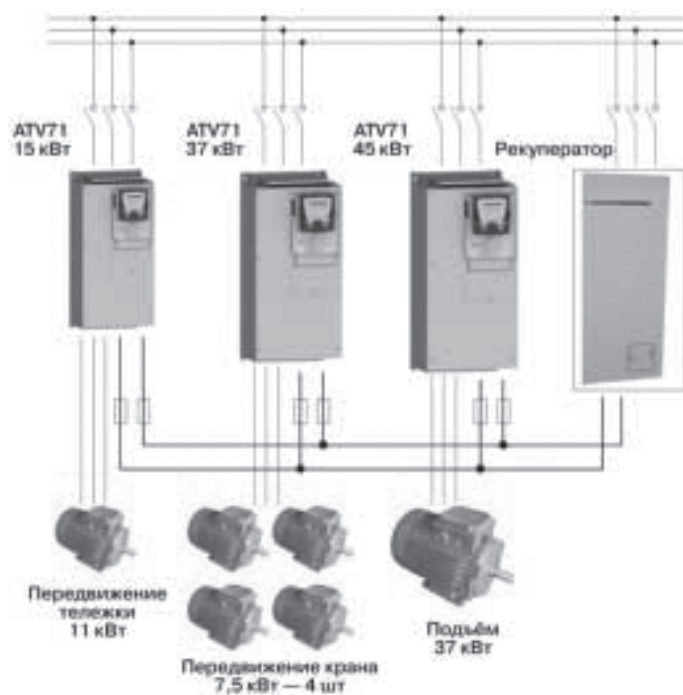
Неповоротное эргономичное кресло-пульт повышенной комфортности ХJS оператора крана имеет пружинную подвеску с гидравлическими амортизаторами. Подвеска закрыта защитным кожухом, а наклон сиденья может регулироваться вперёд/назад. Также могут регулироваться наклон спинки и высота подголовника. Подвеска может настраиваться в зависимости от веса оператора. Кресло оборудовано складывающимися подлокотниками.

Джойстики серии ХKD — дискретные с самовозвратом в нулевое положение и с ощущаемыми промежуточными положениями, по пять в каждом направлении. В левой колонке кресла-пульта установлен двухкоординатный джойстик для управления механизмами передвижения крана и тележки, а в правой — однокоординатный для управления механизмом подъёма. Скорости приводов регулируются по дискретным входам преобразователей частоты. Скорость приводов любого из трёх механизмов крана в каждом положении командоконтроллера можно отрегулировать в диапазоне от 0 до 100% номинальной скорости в процессе эксплуатации крана. Напряжение цепей управления — 24 В.

Проведённая реконструкция повысила надёжность работы крана, улучшила функциональность управления им, а также сделала эксплуатацию крана и его обслуживание более экономичными.

Дополнительно к преимуществам частотного регулирования применение модуля рекуперации позволило:

- получить экономию электроэнергии (поскольку энергия торможения может быть направлена на другие механизмы, снижается общее энергопотребление установки, а лишняя энергия возвращается в питающую сеть);
- исключить нерациональный расход электроэнергии на обогрев воздуха;
- уменьшить массу комплекта электрооборудования, а также занимаемое им пространство;
- снизить количество нормочасов обслуживания оборудования.



Ежегодная экономия на электроэнергии и обслуживании в результате внедрения системы с рекуператором (в отличие от реостатной системы) будет накапливаться в течение всего срока эксплуатации оборудования.

Рис. 2. Структурная силовая схема козлового крана ККС32

## 4.6. ЗАО «СИ-ЭЛ»: «Schneider Electric для крановых электроприводов»

*Опыт применения программируемой карты встроенного контроллера преобразователя частоты ALTIVAR 71 для управления крановыми электроприводами.*

Являясь OEM-партнёром компании Schneider Electric, ЗАО «СИ-ЭЛ» («Силовая электроника») с 1994 года занимается проектированием, разработкой, изготовлением и установкой «под ключ» электрооборудования для различных типов подъёмно-транспортных машин.

Для построения небольших автоматизированных крановых систем удобно использовать преобразователи частоты (ПЧ) ALTIVAR 71 (ATV71) и программируемую карту встроенного контроллера VW3 A3 501 (карту контроллера). Преимуществом таких систем является интеграция карты контроллера в ATV71 без дополнительных связей между ними. Карта контроллера имеет встроенный интерфейс CANOpen (Master), связывающий её с другими устройствами автоматизированной системы.

Примером проектирования и реализации ЗАО «СИ-ЭЛ» автоматизированной крановой системы на базе ПЧ ATV71 и карты контроллера является система, установленная на двух мостовых кранах грузоподъёмностью 160/32 + 10 т производства ЗАО «СИБТЯЖМАШ» для Сангтудинской ГЭС1 в Таджикистане. Структурная схема системы управления приведена на рис. 1, а общий вид шкафов управления — на рис. 2.

Контроллер собирает информацию от управляющих органов крана, приборов безопасности и датчиков, а также управляет всеми ПЧ.

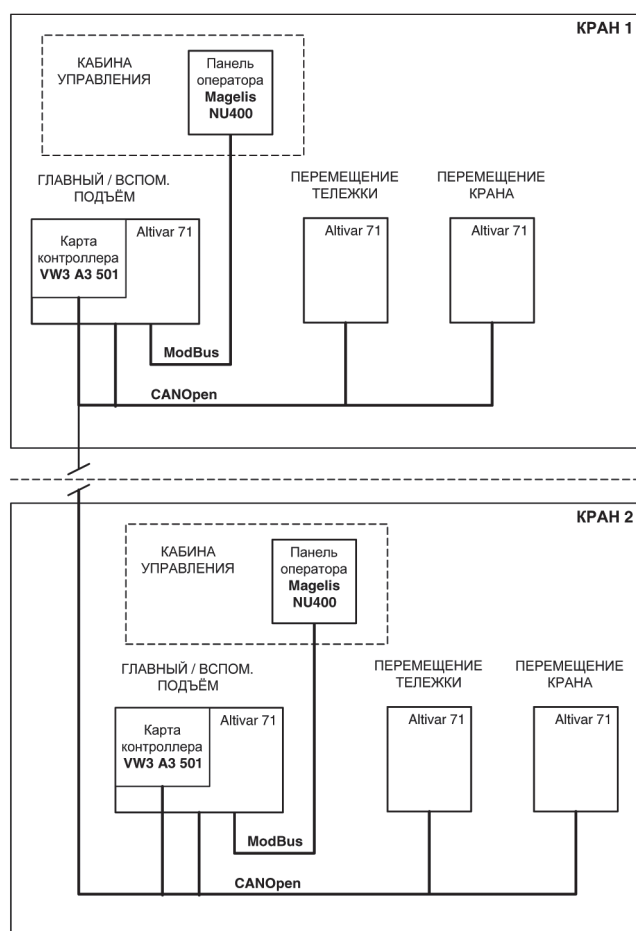


Рис. 1. Структурная схема системы управления краном

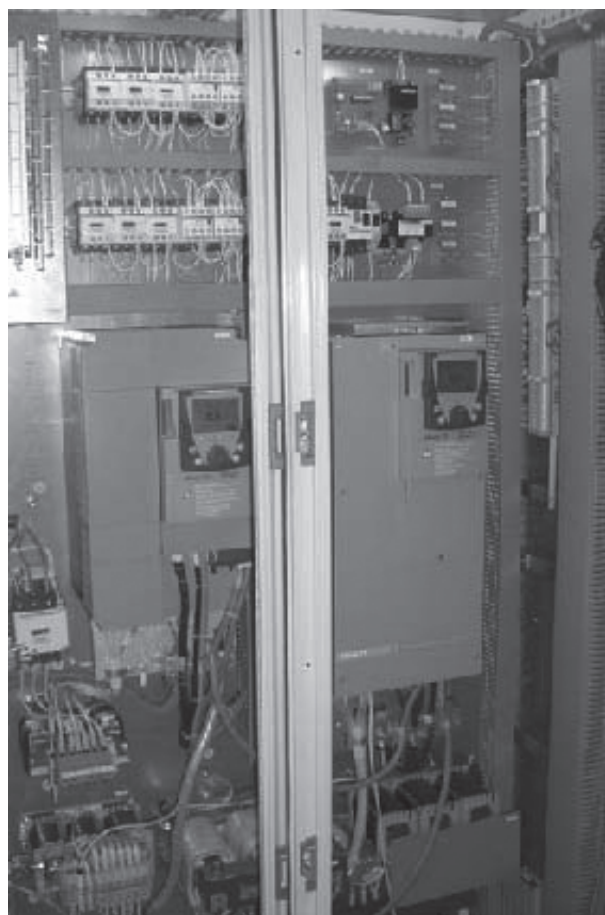


Рис. 2. Шкафы управления

Команды крановщика подаются на контроллер с кресла-пульта, расположенного в кабине управления (рис. 3). В состав пульта управления крана входят две тумбы, необходимое по количеству механизмов число манипуляторов с ощутимыми положениями во всех направлениях и самовозвратом в «нулевое положение», кнопки (в том числе кнопка аварийного отключения), сигнальные лампы, переключатели, ключ-марка, а также операционный терминал MAGELIS для отображения диагностической информации о работе механизмов крана (рис. 4).

Для соблюдения эксплуатационных требований всё электрооборудование крановой системы управления размещается в шкафах (степень защиты IP54), оборудованных системой контроля температуры, вентиляторами, фильтрами и нагревательными приборами.

Особенностью данной системы является то, что для увеличения грузоподъёмности на этих двух кранах предусмотрен режим совместной работы. При этом мосты обоих кранов жёстко соединены. Кроме того, краны объединяются электрически.

При автономной работе кранов программа карты контроллера инициализирует интерфейс CANOpen и контролирует подключение к шине только ПЧ «своего» крана и отсутствие подключения ПЧ «другого» крана. При соединении двух кранов интерфейс CANOpen инициализирует программа только карты контроллера крана, из кабины которого ведётся управление.

Для уменьшения количества кабельных соединений ПЧ обоих кранов объединяются по информационной шине CANOpen.

При совместной работе двух кранов обеспечивается синхронное перемещение кранов, тележек и подъём груза. Для приводов механизмов перемещения крана реализована функция разделения момента.

Применение карты контроллера с ПЧ ATV71 в крановых системах управления является одним из наиболее дешёвых вариантов организации таких систем. Это обстоятельство позволяет ЗАО «СИ-ЭЛ» предлагать заказчику более широкий выбор систем управления, различающихся ценой, сложностью исполнения и функциональными возможностями.

Реализованный проект позволяет ЗАО «СИ-ЭЛ» надеяться, что опыт применения компонентов автоматизации компании Schneider Electric будет способствовать появлению ещё более сложных крановых автоматизированных систем управления.



*Рис.3. Кресло-пульт оператора*



*Рис. 4. Элементы сигнализации и управления*

## 4.7. ЗАО «АСК»: «Опыт применения преобразователей Altivar 71 для электроприводов крановых механизмов»

*В 2006-2007 гг. специалисты ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» разработали и внедрили ряд частотно-регулируемых электроприводов для механизмов кранов.*

Разработанное электрооборудование и система управления были установлены на краны в строящемся литейно-прокатном комплексе ООО «ОМК-Сталь» в г. Выксе Нижегородской области. В общей сложности были оборудованы 7 кранов грузоподъемностью (г/п) от 50 до 120 т.

В механизмах крана применены асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, допускающие работу в системах регулируемого электропривода переменного тока в широком диапазоне изменения частоты вращения. Электродвигатели выполнены с независимой принудительной вентиляцией и оснащены встроенными датчиками температуры и термовыключателями, обеспечивающими включение вентилятора независимого обдува при температуре обмотки 70°С. Для двигателей механизмов подъема установлены цифровые датчики частоты вращения (энкодеры) и реле максимальной скорости, а двигатели имеют подогрев во избежание скопления конденсата. Двигатели механизмов перемещения главной и вспомогательной тележек и моста имеют встроенные дисковые электромагнитные тормоза.

Двигатели управляются от преобразователей частоты, использование которых для питания короткозамкнутых крановых электродвигателей является современным решением, ставшим сегодня почти стандартным для новых и реконструируемых кранов как за рубежом, так и на отечественных предприятиях.

Преобразователи обеспечивают полностью бесконтактное управление двигателями и плавное высококачественное регулирование частоты вращения во всем диапазоне. Плавность регулирования приводит к существенному уменьшению нагрузки на механическую часть крана, что, в свою очередь, снижает аварийность и увеличивает срок службы крана. При работе с такими грузами, как жидкий металл, особенно важны плавность хода и отсутствие рывков. Применение бесконтактной техники позволяет устранить периодические срабатывания коммутационной аппаратуры и скачки тока, что приводит к снижению аварийности оборудования.

Важным преимуществом частотного регулирования является экономичность, обусловленная эффективными пускотормозными режимами и отсутствием дополнительных регулировочных резисторов, которые используются в традиционных схемах регулирования частоты вращения двигателей с фазным ротором.

Для управления электроприводами были использованы преобразователи частоты Altivar 71 производства компании Schneider Electric (Франция), которые отвечают самым строгим требованиям, регулирующим их применение в ПТО, и адаптированы для решения наиболее сложных задач кранового электропривода.

Преобразователи частоты Altivar 71 обеспечивают:

- управление тормозом, адаптированное для приводов перемещения и подъема;
- подъем малых грузов с повышенной скоростью;
- контроль состояния тормоза.

Данные преобразователи частоты удобны в настройке и легко интегрируются в общую систему управления краном, повышают удобство управления и, кроме того, предоставляют широкие возможности диагностики состояния электроприводов.

Схема управления механизмами крана с использованием преобразователей частоты представлена на рис. 1.

Отличительной особенностью данной схемы является отсутствие тормозных сопротивлений с заменой их на блок рекуперации, общий для всех электроприводов. Выпрямленное напряжение всех приводов связано с блоком рекуперации.

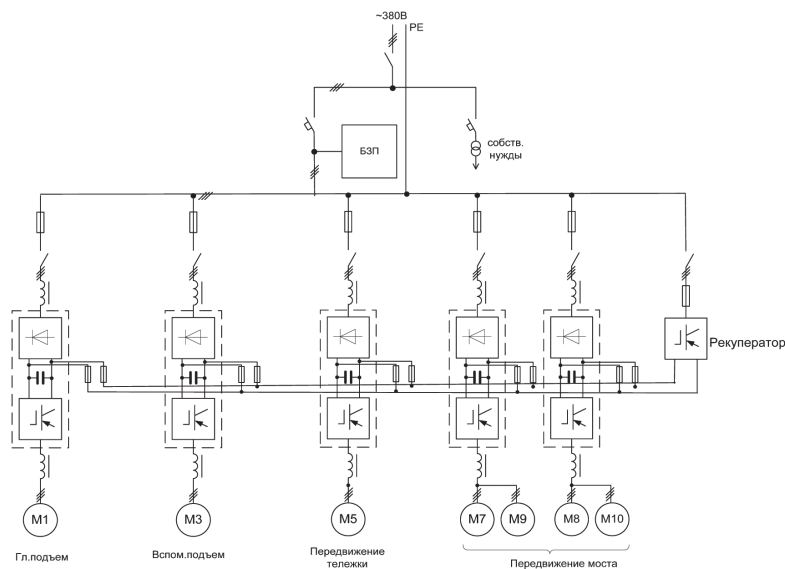


Рис. 1. Реализация электроприводов крана с индивидуальными преобразователями частоты и общим блоком рекуперации

Достоинствами схемы являются рекуперация энергии в тормозных режимах и обмен энергией по цепи постоянного тока по коротким сетям (межшкафные соединения).

Торможение с подключением внешнего резистора получило наибольшее распространение в электроприводах с преобразователями частоты как отечественного, так и зарубежного производства.

Недостатки такого способа торможения общеизвестны. Поскольку тормозной резистор подключается к каждому преобразователю частоты, это увеличивает стоимость электропривода и ухудшает массогабаритные показатели установки.

Энергия торможения, за исключением потерь в элементах электропривода, выделяется в виде тепловой на тормозном резисторе, что приводит к его значительному нагреву и нерациональному использованию электроэнергии.

Альтернативой такому нерациональному использованию энергии является применение модулей рекуперации, которые заменяют резисторы в приводах с длительной работой в генераторном режиме или имеющих большую тормозную мощность, как, например, у подъёмных и инерционных механизмов. В этом случае энергия торможения электропривода возвращается в питающую сеть. Постоянно растущие тарифы на электроэнергию в нашей стране делают применение модулей рекуперации всё более актуальным.

Schneider Electric предлагает новое решение в области энергосберегающих технологий — модули рекуперации для преобразователей частоты Altivar 71. Мощность модулей рекуперации представлена в диапазоне 7–200 кВт. Они характеризуются такими основными преимуществами, как:

- компактность;
- простой ввод в эксплуатацию без необходимости программирования и настройки;
- возможность подключения к звену постоянного тока нескольких преобразователей частоты;
- возможность параллельного подключения до 4 модулей рекуперации;
- окупаемость в течение 1–2 лет (благодаря энергосбережению и с учётом стоимости исключённых из схемы тормозных резисторов).

Линейные контакторы электроприводов управляются от промежуточных реле, которые включает программируемый логический контроллер в соответствии с заложенным в нём алгоритмом и сигналами с пульта управления.

Система управления краном реализована на основе программируемого логического контроллера среднего уровня, в котором реализованы алгоритмы всех защитных и блокировочных связей механизмов крана, а также функции весоизмерения и весоограничения.

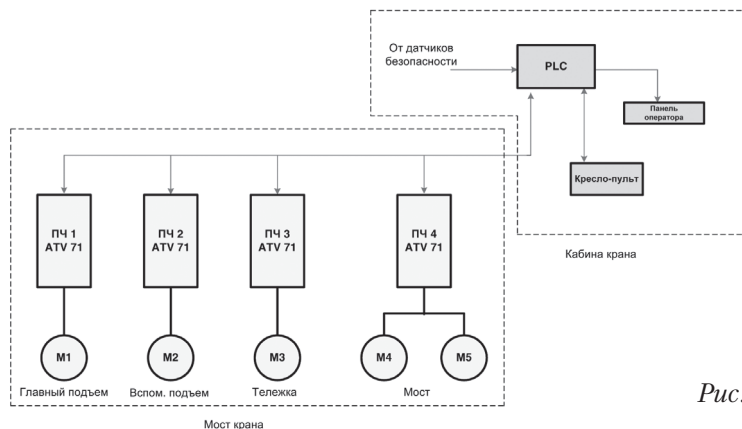


Рис. 2. Структурная схема системы управления

Панель оператора с сенсорным экраном, установленная в кабине крановщика, обеспечивает контроль, отображение состояния основных элементов системы управления (см. рис. 2) и электрооборудования крана, а также архивирование аварийных и предаварийных ситуаций (журнал аварийных и предупредительных сообщений).

Аппаратура управления и распределения питания, программируемый контроллер размещаются в шкафах со степенью защиты IP54, которые устанавливаются на мосту крана. Для крана г/п 120 т по требованию заказчика вся аппаратура была размещена в кондиционируемом и отапливаемом электропомещении (контейнере), который также размещен на мосту крана.

Один из кранов г/п 90 т выполнен радиоуправляемым, то есть в нём отсутствует кабина управления, а все действия оператора осуществляются с переносного пульта, связанного с электроприводами механизмов крана по радиоканалу.

Применение модуля рекуперации позволило:

- получить экономию электроэнергии;
- исключить нерациональный расход электроэнергии на обогрев воздуха;
- уменьшить массу комплекта электрооборудования, а также занимаемое им пространство;
- снизить количество нормочасов обслуживания оборудования.

Ежегодная экономия на электроэнергии и обслуживании в результате внедрения системы с рекуператором будет накапливаться в течение всего срока эксплуатации.

Опыт работы с оборудованием Schneider Electric показал, что оно отвечает самым современным критериям надёжности и простоты эксплуатации.

#### 4.8. ООО «РЭСАП»: «Преобразователи частоты в крановом электроприводе»

*Особенности применения преобразователей частоты в электроприводе мостовых и козловых кранов*

Фирма «РЭСАП», созданная в 2006 году, начинала с изготовления шкафов управления кранами и кран-балками по схемам заказчиков, а сегодня самостоятельно разрабатывает и реализует проекты переоборудования грузоподъёмных кранов с применением частотно-регулируемого привода и систем радиоуправления. Являясь с 2007 года партнёром компании Schneider Electric, ООО «РЭСАП» в основном занимается модернизацией электрооборудования мостовых и козловых кранов с применением приводной техники производства Schneider Electric.

Так, фирма «РЭСАП» успешно модернизировала более двух десятков кранов и кран-балок с использованием преобразователей частоты (ПЧ) Altivar 31 и Altivar 71, в том числе 13 мостовых кранов грузоподъёмностью (г/п) 5–16 т, переведённых на частотный привод и радиоуправление. Вот только несколько примеров.

На 16-тонном мостовом кране установлена, опробована и успешно эксплуатируется крановая карта VW3A3510, обеспечивающая компенсацию раскачивания груза при передвижении моста и тележки крана.



Переоборудованный мостовой кран г/п 10 т с управлением из кабины теперь оснащён частотно-регулируемым приводом передвижения моста и тележки с применением ПЧ Altivar 31.

Два козловых крана г/п 12,5 т в Нижнекамске и Казани переведены на радиоуправление и частотный привод всех механизмов.

В настоящее время ведутся работы по модернизации ещё двух козловых кранов: г/п 10 т, управляемого с пола посредством системы радиоуправления, и г/п 12,5 т, управляемого из кабины.

Помимо этого, изготовлено более 50 шкафов управления с ПЧ для нужд других организаций.

Сегодня в крановом хозяйстве сложилась ситуация, когда немалое количество мостовых и козловых кранов находятся либо в неработоспособном состоянии, либо изношены практически до предела. Причин тому немало: это и развал экономики в 90-е годы и отсутствие квалифицированных кадров в эксплуатирующих и ремонтных службах в настоящее время.

Нередки ситуации, когда механизмы крана эксплуатируются без обслуживания и планового ремонта до полного износа. В конце концов, наступает момент, когда необходим либо капитальный ремонт, либо модернизация грузоподъёмного крана.

Из нашей практики внедрения частотно-регулируемого привода выяснилось, что о ПЧ в крановом хозяйстве известно лишь понаслышке. Поэтому ниже мы попробуем ответить на часто задаваемые вопросы относительно преимуществ использования ПЧ.

Итак, практический эффект от модернизации крана с применением ПЧ заключается:

■ в безударной работе механизмов и, как следствие, в сбережении механического ресурса крана;

■ в энергосбережении, достигающем, по некоторым оценкам, 60%;

■ в адаптации скорости приводов к каждому конкретному технологическому процессу;

■ в повышении производительности крана;

■ в уменьшении затрат на техобслуживание крана.

Ещё одним немаловажным, на наш взгляд, достоинством ПЧ является возможность использования в приводах хода моста и тележки общепромышленных электродвигателей с короткозамкнутым ротором серий АИР и 5АИ, которые стоят гораздо дешевле специальных крановых электродвигателей с фазным или короткозамкнутым ротором серий МТФ и МТКФ (и аналогичных им).

Анализ рынка выявил некоторые сложности внедрения ПЧ в крановом хозяйстве. В первую очередь, потенциальных заказчиков отпугивает высокая стоимость ПЧ. В связи с этим, в целях уменьшения стоимости модернизации, нами была разработана схема управления мостовым краном с одним ПЧ для двигателей подъёма, тележки и передвижения моста крана. Такая схема базируется на возможности преобразователя Altivar 71 управлять многодвигательными приводами с помощью функций переключения комплектов параметров, двигателей или конфигураций. В некоторых случаях привод грузовой тележки работает под управлением отдельного ПЧ Altivar 31.

Также задействованы функции плавного разгона и торможения двигателей по линейному закону для обеспечения номинальной и пониженной скорости движения, токовой защиты электродвигателей и управления тормозами механизмов.

Такие станции управления краном могут быть использованы для мостовых кранов, которые управляются с пола посредством радиоуправления либо подвесного пульта. Отсутствие одновременной работы двух и более механизмов в этом случае сказывается на удобстве работы крановщика минимальным образом (в отличие от крана, управляемого из кабины).

Данная схема управления с общим преобразователем на привод подъёма и моста, отдельным ПЧ на привод тележки и радиоуправлением на текущий момент внедрена на трех предприятиях Набережных Челнов. По данной схеме модернизированы 13 кранов.

Стоимость модернизации мостового крана складывается из стоимости оборудования, которое будет смонтировано на кране, и стоимости монтажных работ.

Для расчёта стоимости оборудования, заказчику необходимо указать следующие данные:

- паспортные мощности двигателей, установленных на кране, их тип и количество;
- тип управления: из кабины, с пола подвесным пультом или с пола радиоуправлением.

При управлении краном из кабины есть возможность сохранить обычные крановые командоконтроллеры для снижения стоимости переоборудования или использовать кресло-пульт с многопозиционными джойстиками для увеличения удобства работы крановщика;

- должны ли движения моста, тележки и подъёма происходить одновременно;
- схема питания крана: троллеи, шинопровод или кабель;
- диапазон рабочих температур и место установки нового оборудования (в отапливаемом или неотапливаемом цехе, либо под открытым небом).

На основании этих данных рассчитывается стоимость комплекта необходимого оборудования.

Процесс модернизации крана происходит следующим образом: с крана удаляются остатки старого электрооборудования (за исключением электродвигателей, гидротолкателей тормозов и концевых выключателей), устанавливается шкаф управления, прокладываются и подключаются новые кабели. При переводе крана на радиоуправление для последнего устанавливается резервный подвесной пульт.

В процессе пусконаладки выявляется степень изношенности редукторов, полумуфт и тормозов и, в случае необходимости, даются рекомендации по их замене.

Затем кран испытывается на номинальном грузе, производится подстройка преобразователей частоты под каждый конкретный двигатель и тормоз. Всё, кран готов к работе.

Как показала наша практика, мостовой кран г/п 5–16 т для модернизации электрооборудования выводится из эксплуатации всего на 12–18 ч. Козловой кран требует на переоборудование немного больше времени — порядка 3–4 суток.

Отзывы о работе модернизированных таким образом кранов — самые положительные. По словам начальника ремонтной службы одного из предприятий Набережных Челнов, после модернизации мостового крана ремонтники в ходе планового техосмотра не обнаруживают ни единого дефекта в работе крана. С момента модернизации краны все работы по плановому техосмотру заключаются лишь в осмотре механизмов. Аналогичные же краны в соседних пролётах постоянно требуют вмешательства ремонтной службы в связи с неполадками, возникающими как в электрической части крана, так и в его механических узлах.



Таким образом, неоспоримые достоинства применения ПЧ в модернизированном крановом электроприводе позволяют выйти на новый технологический уровень и решить множество прежде не выполнимых задач.

## 4.9. ЗАО «Шнейдер Электрик»: «Преобразователи частоты семейства Altivar — новые возможности по управлению мостовыми кранами»

*Актуальная проблема предотвращения раскачивания груза при управлении мостовыми кранами теперь просто решается с помощью универсальной крановой карты.*

Отличительной особенностью современного этапа развития крановых электроприводов является значительное расширение применения частотно-регулируемого привода. Крановый привод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором при питании от преобразователя частоты (ПЧ) имеет высокие энергетические и эксплуатационные показатели благодаря:

- улучшенным динамическим характеристикам посредством плавного пуска и остановки механизмов;

- большому диапазону регулирования и высокой точности поддержания скорости путём адаптации ПЧ к характеристикам двигателя и совершенным алгоритмам векторного управления, позволяющим реализовывать как разомкнутые, так и замкнутые системы регулирования скорости крановых механизмов;

- увеличению срока службы посредством уменьшения динамических нагрузок на металлоконструкцию и механизмы подъёмного крана и сокращению эксплуатационных расходов;

- существенному сокращению потребляемой электроэнергии из-за отсутствия пусковых бросков тока, исключению реостатов при регулировании скорости, снижению потребляемой из сети реактивной мощности и возможности возврата энергии в питающую сеть с помощью рекуператоров;

- повышению надёжности крановых приводов посредством исключения быстроизнашивающейся релейно-контакторной аппаратуры;

- увеличению производительности крановых механизмов посредством оптимизации циклограммы работы.

В настоящее время уже сотни новых и модернизированных крановых механизмов различного назначения оснащены самыми разнообразными современными средствами автоматизации и электрооборудования производства компании Schneider Electric. Это:

- программируемые логические контроллеры и средства человеко-машинного интерфейса;

- приводная техника, пускозащитная и коммутационная аппаратура для управления двигателями переменного тока;

- командоконтроллеры, пульта управления, датчики и концевые выключатели;

- щитовое оборудование с устройствами вентиляции и кондиционирования.

Сегодня компания имеет прочные связи более чем с тремя десятками производителей крановых механизмов и панелей управления для них. Одним из значимых проектов последнего времени является ввод в эксплуатацию 21 мостового крана грузоподъёмностью (г/п) до 160 т на литейно-прокатном комплексе ООО «ОМКС сталь» в городе Выкса Нижегородской области. На ряде мощных кранов была реализована энергосберегающая технология объединения ПЧ по звену постоянного тока и возврата тормозной энергии в сеть с помощью модулей рекуперации.

Проект был реализован нашими партнёрами ООО «ОМЗКран» (ОАО НПО «ВНИИПТМАШ») и ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» (г. Екатеринбург).

В крановых приводах успешно используются ПЧ семейства Altivar — ATV31 и ATV71 — для двигателей мощностью до 15 и 630 кВт соответственно. Они обладают такими прикладными функциями для крановых применений, как:

- управление тормозом, адаптированное для приводов перемещения и подъёма, и контроль состояния тормоза;

- управление окончанием хода по концевым выключателям;

- обеспечение высокоскоростной работы с пустым крюком или при небольшой нагрузке;

- выбор слабины грузовых канатов;
- выравнивание нагрузки, схема «ведущий–ведомый», управление моментом;
- функция мультидвигатель/мультиконфигурация для применения одного ПЧ в многодвигательных крановых приводах;

■ контроль превышения заданной скорости, вращения в обратном направлении, перегрузки.

ПЧ ATV71, в отличие от ATV31, более универсален благодаря возможности расширения функциональности привода посредством наращивания аппаратных и программных средств, к числу которых относятся карты расширения входов-выходов, интерфейсные карты датчиков, коммуникационные карты и программируемая карта встроенного контроллера.

ПЧ ATV71 обладает алгоритмами векторного и скалярного управления, обеспечивающими работу однодвигательных и многодвигательных крановых приводов со стандартными и специальными двигателями как в разомкнутой, так и замкнутой системах регулирования скорости. Кроме того, такая модификация ATV71, как ATV71...383, обладая всеми возможностями базовой модели, может также управлять синхронными двигателями с синусоидальной электродвижущей силой в замкнутом приводе. Это так называемые вентильные двигатели, которые всё шире применяются вместо асинхронных двигателей для таких подъёмных механизмов, как лифты.

ПЧ ATV71, оснащённый картой контроллера, легко встраивается в архитектуры управления автоматизированными крановыми системами. Данное решение является самым дешёвым вариантом организации таких систем. Карта контроллера имеет встроенный интерфейс CANopen (Master), связывающий её с другими устройствами, и может использоваться для разработки собственных приложений или с уже реализованными готовыми прикладными алгоритмами.

В первом случае имеющееся программное обеспечение PS 1131, которое соответствует международному стандарту МЭК 61131-3<sup>1</sup>, предоставляет пользователю возможность создания собственных приложений на одном из 6 доступных языков программирования. Например, реализация внешних функций по управлению краном, а также функций, не входящих в стандартные прикладные функции ПЧ, адаптация программы в соответствии с требованиями новых крановых механизмов, реализация ноу-хау разработчиков и т.д.

Среди автоматизированных систем, реализованных в настоящее время на базе карты контроллера, наиболее успешной можно считать разработку ЗАО «СИ-ЭЛ» (г. Санкт-Петербург) для системы управления двумя мостовыми кранами г/п 160/32 + 10 т производства ЗАО «Сибтяжмаш»<sup>2</sup>. Карта управляет всеми ПЧ по информационной шине CANopen, обеспечивая автономную и совместную работу обоих кранов, сбор и обработку информации от управляющих органов, приборов безопасности и датчиков. При совместной работе двух кранов карта обеспечивает синхронность подъёма груза и перемещения кранов и тележек.

Во втором случае карта контроллера поставляется с готовым прикладным решением. Примером может служить универсальная карта для управления мостовыми кранами (крановая карта), в которой реализован алгоритм предотвращения раскачивания груза. Проблемы, связанные с возникновением колебаний груза в процессах разгона и торможения механизмов перемещения крана и грузовой тележки, хорошо известны: при раскачивании невозможно проведение погрузочно-разгрузочных операций, а время, затраченное на его гашение, может составлять до трети суммарного времени рабочего цикла, что снижает эффективность использования крана, и т.д.

Опытные крановщики способны манипулировать крановыми механизмами для уменьшения раскачивания груза, используя, например, рывковое управление путём приложения противомомента к двигателю с фазным ротором. Однако, такой способ малоэффективен при работе на низких скоростях и приводит к чрезмерному износу механики и частым поломкам муфт и двигателей, при этом работа крановщика становится более интенсивной и напряжённой.

<sup>1</sup> Имеется в виду стандарт Международной электротехнической комиссии IEC (International Electrotechnical Commission). (Прим. ред.).

<sup>2</sup> См. статью «Schneider Electric для крановых электроприводов» в ИТО №10/2007. (Прим. авт.).

Теперь все эти проблемы легко решаются с помощью крановой карты. На рисунке представлена структура построения крановой системы управления, оснащённой частотно-регулируемыми приводами подъёма и перемещений крана и грузовой тележки. Для управления приводами могут использоваться ПЧ ATV31 и ATV71, имеющие встроенные протоколы CANopen.

Единственным условием является применение хотя бы одного ПЧ ATV71, в который устанавливается крановая карта. С помощью имеющихся на карте переключателей довольно просто сконфигурировать её для работы с используемыми типами ПЧ. Возможна также конфигурация, когда ПЧ применяются только для приводов механизмов перемещений крана и грузовой тележки.

Крановая карта обеспечивает:

- гашение раскачивания груза благодаря дополнительной встроенной системе, не требующей применения специальных датчиков, действующей одновременно по двум осям (приводы механизмов тележки и крана), и использующей при этом данные о положении механизма подъёма (при наличии датчика обратной связи);

- полное управление мостовым краном по шине CANopen, позволяющей автоматически интегрировать в систему ПЧ ATV71 и/или ATV31 приводов перемещения крана и грузовой тележки;

- управление зонами безопасности с помощью концевых выключателей замедления и остановки.

Эффективность работы алгоритма антираскачивания зависит от параметра, характеризующего рабочую длину грузового троса. Поэтому в крановой карте предусмотрено три способа измерения длины грузового троса:

- с помощью фотоимпульсного датчика привода подъёма;
- с помощью двух концевых выключателей привода подъёма;
- с помощью трёхпозиционного переключателя.

Выбор нужного способа зависит от используемой структуры крановой системы.

Крановая карта может применяться как для новых, так и для модернизированных кранов, на которых используются ПЧ семейства Altivar.

Преимущества применения крановой карты:

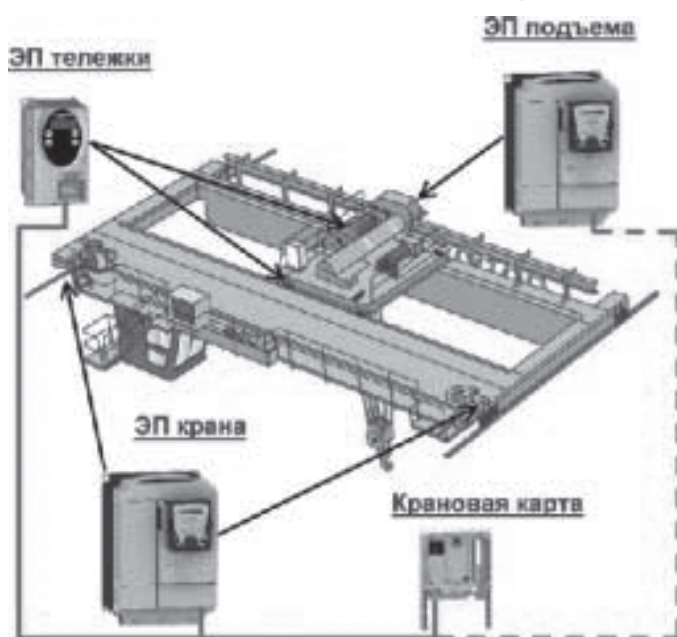
- экономичность: отпадает необходимость в использовании внешнего программируемого логического контроллера для управления краном и предотвращения раскачивания;

- простота применения: карта готова к использованию без необходимости программирования (требуется лишь подстройка нескольких параметров к применению);

- повышение точности подачи груза и увеличение производительности крана: уменьшение циклограммы работы благодаря отсутствию раскачивания груза;

- обеспечение безопасности оборудования и персонала: управление зонами безопасности с помощью концевых выключателей;

- защита оборудования: ограничение раскачивания груза уменьшает механические нагрузки и удары.



Структура построения крановой системы управления

Более подробную информацию можно найти в руководстве по эксплуатации крановой карты на сайте компании Schneider Electric.

В настоящее время для наших партнёров по ПТО были организованы тренинг-семинары по крановой карте в разных регионах России. Проведены успешные испытания крановой карты на мостовых кранах в ОАО «Кировский завод» (г. Санкт-Петербург) и ОАО «Ижсталь» (г. Ижевск), показавшие практически полное отсутствие колебаний груза при работе крана. При этом установка и настройка карты на действующем кране занимали не более 3 ч. Сегодня уже имеются проекты, предусматривающие применение крановой карты.

В ближайшее время появятся две новые прикладные карты на базе встроенного контроллера с алгоритмами управления грейферным режимом и приводом механизма поворота башенных кранов, что позволит значительно упростить реализацию таких крановых приводов на базе оборудования компании Schneider Electric.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преобразователи частоты Альтивар 71: Каталог/ Schneider Electric, 2009.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А. – С. Петербург, 2002.
3. Методика по силовому расчету частотно-регулируемых электроприводов крановых механизмов: Техническая тетрадь №7/ Schneider Electric, 2007.

## Для заметок



Для заметок

## Для заметок



# Schneider Electric в странах СНГ

## Азербайджан

**Баку**  
AZ 1008, ул. Гарабах, 22  
Тел.: (99412) 496 93 39  
Факс: (99412) 496 22 97

## Беларусь

**Минск**  
220006, ул. Белорусская, 15, офис 9  
Тел.: (37517) 226 06 74, 227 60 34, 227 60 72

## Казахстан

**Алматы**  
050050, ул. Табачнозаводская, 20  
Швейцарский центр  
Тел.: (727) 244 15 05 (многоканальный)  
Факс: (727) 244 15 06, 244 15 07

**Астана**  
010000, ул. Бейбитшилик, 18  
Бизнес-центр «Бейбитшилик 2002», офис 402  
Тел.: (3172) 91 06 69  
Факс: (3172) 91 06 70

**Атырау**  
060002, ул. Абая, 2-А  
Бизнес-центр «Сутас - С», офис 407  
Тел.: (3122) 32 31 91, 32 66 70  
Факс: (3122) 32 37 54

## Россия

**Волгоград**  
400089, ул. Профсоюзная, 15, офис 12  
Тел.: (8442) 93 08 41

**Воронеж**  
394026, пр-т Труда, 65, офис 267  
Тел.: (4732) 39 06 00  
Тел./факс: (4732) 39 06 01

**Екатеринбург**  
620219, ул. Первомайская, 104, офисы 311, 313  
Тел.: (343) 217 63 37  
Факс: (343) 217 63 38

**Иркутск**  
664047, ул. 1-ая Советская, 3 Б, офис 312  
Тел./факс: (3952) 29 00 07, 29 20 43

**Казань**  
420107, ул. Спартаковская, 6, этаж 7  
Тел./факс: (843) 526 55 84 / 85 / 86 / 87 / 88

**Калининград**  
236040, Гвардейский пр., 15  
Тел.: (4012) 53 59 53  
Факс: (4012) 57 60 79

**Краснодар**  
350020, ул. Коммунаров, 268 В, офисы 316, 314  
Тел.: (861) 210 06 38, 210 14 45  
Факс: (861) 210 06 02

**Красноярск**  
660021, ул. Горького, 3 А, офис 302  
Тел.: (3912) 56 80 95  
Факс: (3912) 56 80 96

**Москва**  
129281, ул. Енисейская, 37  
Тел.: (495) 797 40 00  
Факс: (495) 797 40 02

**Мурманск**  
183038, ул. Воровского, 5/23  
Конгресс-отель «Меридиан», офис 739  
Тел.: (8152) 28 86 90  
Факс: (8152) 28 87 30

**Нижний Новгород**  
603000, пер. Холодный, 10 А, этаж 8  
Тел./факс: (831) 278 97 25, 278 97 26

**Новосибирск**  
630005, Красный пр-т, 86, офис 501  
Тел.: (383) 358 54 21  
Тел./факс: (383) 227 62 53

**Пермь**  
614010, Комсомольский пр-т, 98, офис 11  
Тел./факс: (342) 290 26 11 / 13 / 15

**Ростов-на-Дону**  
344002, ул. Социалистическая, 74, литера А  
Тел.: (863) 200 17 22, 200 17 23  
Факс: (863) 200 17 24

**Самара**  
443096, ул. Коммунистическая, 27  
Тел./факс: (846) 266 41 41, 266 41 11

**Санкт-Петербург**  
198103, ул. Циолковского, 9, корпус 2 А  
Тел.: (812) 320 64 64  
Факс: (812) 320 64 63

**Сочи**  
354008, ул. Виноградная, 20 А, офис 54  
Тел.: (8622) 96 06 01, 96 06 02  
Факс: (8622) 96 06 02

**Уфа**  
450098, пр-т Октября, 132/3 (Бизнес-центр КПД)  
Блок-секция № 3, этаж 9  
Тел.: (347) 279 98 29  
Факс: (347) 279 98 30

**Хабаровск**  
680000, ул. Муравьева-Амурского, 23, этаж 4  
Тел.: (4212) 30 64 70  
Факс: (4212) 30 46 66

## Туркменистан

**Ашгабат**  
744017, Мир 2/1, ул. Ю. Эмре, «Э.М.Б.Ц.»  
Тел.: (99312) 45 49 40  
Факс: (99312) 45 49 56

## Узбекистан

**Ташкент**  
100000, пр-т Мустакиллик, 75  
Тел.: (99871) 140 11 33  
Факс: (99871) 140 11 99

## Украина

**Днепропетровск**  
49000, ул. Глинки, 17, этаж 4  
Тел.: (380567) 90 08 88  
Факс: (380567) 90 09 99

**Донецк**  
83087, ул. Инженерная, 1 В  
Тел.: (38062) 385 48 45, 385 48 65  
Факс: (38062) 385 49 23

**Киев**  
03057, ул. Смоленская, 31-33, кор. 29  
Тел.: (38044) 538 14 70  
Факс: (38044) 538 14 71

**Львов**  
79015, ул. Тургенева, 72, кор. 1  
Тел./факс: (38032) 298 85 85

**Николаев**  
54030, ул. Никольская, 25  
Бизнес-центр «Александровский», офис 5  
Тел.: (380512) 58 24 67  
Факс: (380512) 58 24 68

**Одесса**  
65079, ул. Куликово поле, 1, офис 213  
Тел.: (38048) 728 65 55  
Факс: (38048) 728 65 35

**Симферополь**  
95013, ул. Севастопольская, 43/2, офис 11  
Тел.: (380652) 44 38 26  
Факс: (380652) 54 81 14

**Харьков**  
61070, ул. Академика Проскуры, 1  
Бизнес-центр «Telesens», офис 569  
Тел.: (38057) 719 07 79  
Факс: (38057) 719 07 49

## Центр поддержки клиентов

Тел.: 8 (800) 200 64 46 (многоканальный)  
Тел.: (495) 797 32 32, факс: (495) 797 40 04  
ru.csc@ru.schneider-electric.com  
www.schneider-electric.ru